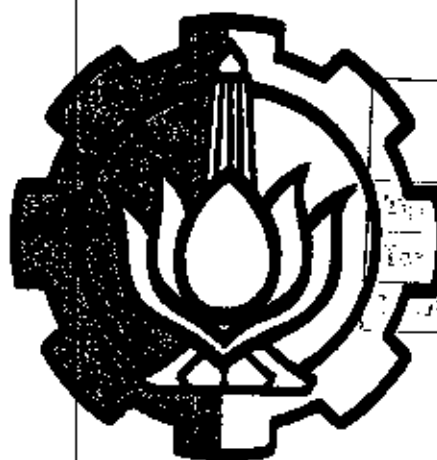


6031/IT3/H/94✓

TUGAS AKHIR

STUDI PENGGUNAAN BATUAN KAPUR DARI MADURA SEBAGAI AGREGAT ASPAL BETON UNTUK KONDISI LALU LINTAS BERAT DITINJAU DARI SEGI TEKNIS DAN BIAYA



PERPUSTAKAAN
ITS

No. Buku	19 OCT 1993
Tgl. Dik. Dori	4.
No. Ag. 10	1339 /TA.

Disusun oleh :

AHMAD ZUHRIADI

389 310 0751

RSE
625.85
Zuh
S-1
1993

BIDANG STUDI PERHUBUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1993



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR

STUDI PENGGUNAAN BATUAN KAPUR DARI MADURA SEBAGAI AGREGAT ASPAL BETON UNTUK KONDISI LALU LINTAS BERAT DITINJAU DARI SEGI TEKNIS DAN BIAYA

**Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing**


(Ir. SOEKISWO MOHAMAD MOELJO)

**BIDANG STUDI PERHUBUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
1993**

KATA PENGANTAR

Segenap Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkahNya serta limpahan rahmad dan hidayahNya maka kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang kami beri judul STUDI PENGGUNAAN BATUAN KAPUR DARI MADURA SEBAGAI AGREGAT ASPAL BETON UNTUK KONDISI LALU LINTAS BERAT DITINJAU DARI SEGI TEKNIS DAN BIAYA.

Tugas akhir ini kami buat untuk memenuhi salah satu syarat dalam meraih gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini kami banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Karena itu dengan selesainya Tugas Akhir ini kami banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soekiswo Mohamad Moeljo, selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Ir. Indra Surya B. Mochtar MSc.Ph.D, atas saran dan petunjuknya.
3. Bapak Ir. Pinardi Koestalam MSc, selaku kepala Laboratorium Perhubungan FTSP-ITS, yang telah banyak memberi bantuan sarana penelitian.
4. Pak Yogi, Nas Abid dan Mas Ngadi selaku karyawan

Laboratorium Perhubungan FTSP-ITS, yang telah banyak memberi bantuan tenaga selama penelitian.

5. Kakak-kakakku, Mas Sidik, Mas Isman, Mbak Nurul dan Mas Heri, yang telah banyak memberi dorongan moral serta bantuan tenaga dan material.
6. Adikku Anna dan Fatin, yang banyak memberikan dorongan dan kasih sayang.
7. Sahabat-sahabatku, Zai, Tri, Kris, Toro dan lainnya yang tak dapat kami sebutkan satu persatu atas bantuan tenaga dan semangatnya.
8. Pihak-pihak lain yang tak dapat kami sebutkan satu persatu.

TIADA GADING YANG TAK RETAK

Kami menyadari adanya keterbatasan kemampuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Karena itu segala kritik dan saran demi perbaikan Tugas Akhir ini sangat kami harapkan.

Besar harapan kami semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Surabaya, September 1983

Penyusun

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Studi	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Tujuan Studi	2
1.4. Metodologi Studi	3
1.5. Ruang Lingkup Studi	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Agregat	6
2.1.1. Jenis Agregat	7
2.1.2. Sumber Agregat	9
2.1.3. Pengujian Agregat	11
2.2. Aspal	24
2.2.1. Jenis Aspal	25
2.2.2. Sifat Aspal	27
2.2.3. Pengujian Aspal	29
2.3. Campuran Aspal Beton	34
2.3.1. Bahan Campuran	36
2.3.2. Perencanaan Campuran	40
2.3.3. Sifat Sifat Campuran	47

2.4.	Perkerasan Lentur Jalan Raya	52
2.4.1.	Struktur Perkerasan Lentur	53
2.4.2.	Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Bina Marga	58
BAB III	PENGUJIAN DI LABORATORIUM	
3.1.	Urutan Pelaksanaan	82
3.1.1.	Pengujian Bahan	82
3.1.2.	Perencanaan Komposisi Campuran	83
3.1.3.	Pembuatan Benda Uji	84
3.1.4.	Pengujian Campuran dengan Test Marshall	86
3.2.	Hasil Pengujian	87
3.2.1.	Hasil Pengujian Agregat	87
3.2.2.	Hasil Pengujian Aspal	92
3.2.3.	Hasil Pengujian Campuran	94
BAB IV	ANALISA HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM	
4.1.	Analisa Hasil Pengujian Agregat	102
4.2.	Analisa Hasil Pengujian Aspal	106
4.3.	Analisa Hasil Pengujian Campuran	107
4.3.1.	Kepadatan	108
4.3.2.	Rongga dalam Campuran (%)	109
4.3.3.	Rongga Terisi Aspal(%)	127
4.3.4.	Stabilitas	137
4.3.5.	Flow	147
4.3.6.	Marshall Quotient	157
4.3.7.	Kadar Aspal Optimum	157

BAB V	PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR	
	5.1. Asumsi Perencanaan	172
	5.2. Data Perencanaan	172
	5.2.1. Lalu-lintas Rencana	172
	5.2.2. Tanah Dasar	173
	5.2.3. Bahan Lapis Perkerasan	174
	5.3. Perhitungan	175
	5.3.1. Lintas Ekuivalen Rencana	175
	5.3.2. Koefisien Kekuatan Relatif	177
	5.3.3. Tebal Perkerasan	178
BAB VI	ANALISA BIAYA	
	6.1. Asumsi Perhitungan	185
	6.2. Perhitungan	185
	6.2.1. Harga Bahan	185
	6.2.2. Kebutuhan Bahan	186
	6.2.3. Biaya Pembuatan	197
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	
	7.1. Kesimpulan	203
	7.2. Saran	204
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN-LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1. Persyaratan Agregat Kasar	37
Tabel 2.2. Persyaratan Agregat Halus	38
Tabel 2.3. Persyaratan Material Pengisi	38
Tabel 2.4. Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70	40
Tabel 2.5. Persyaratan Campuran Aspal Beton	45
Tabel 2.6. Jumlah Jalur berdasarkan Lebar Perkerasan	62
Tabel 2.7. Koefisien Distribusi Kendaraan	63
Tabel 2.8. Distribusi Beban Sumbu dan Angka Ekuivalen	65
Tabel 2.9. Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana .	69
Tabel 2.10. Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana ..	70
Tabel 2.11. Koefisien Kekuatan Relatif bahan Lapis Permukaan	73
Tabel 2.12. Koefisien Kekuatan Relatif bahan Lapis Pondasi Atas.....	74
Tabel 2.13. Koefisien Kekuatan Relatif bahan Lapis Pondasi Bawah	74
Tabel 2.14. Faktor Regional	76
Tabel 2.15. Tebal minimum Lapis Permukaan	80
Tabel 2.16. Tebal minimum Lapis Pondasi Atas	81
Tabel 3.1. Komposisi Campuran A	88
Tabel 3.2. Komposisi Campuran B	89
Tabel 3.3. Hasil Pengujian Agregat A (kasar)	89
Tabel 3.4. Hasil Pengujian Agregat B (kasar)	90

Tabel 3.5.	Hasil Pengujian Agregat A (halus)	91
Tabel 3.6.	Hasil Pengujian Agregat B (halus)	91
Tabel 3.7.	Hasil Pengujian Agregat A (filler)	92
Tabel 3.8.	Hasil Pengujian Agregat B (filler)	93
Tabel 3.9.	Hasil Pengujian Aspal Semen Pen 60/70	93
Tabel 3.10.	Hasil Pengujian Campuran A (perendaman 1 hari)	94
Tabel 3.11.	Hasil Pengujian Campuran A (perendaman 2 hari)	95
Tabel 3.12.	Hasil Pengujian Campuran A (perendaman 3 hari)	96
Tabel 3.13.	Hasil Pengujian Campuran A (perendaman 7 hari)	97
Tabel 3.14.	Hasil Pengujian Campuran B (perendaman 1 hari)	98
Tabel 3.15.	Hasil Pengujian Campuran B (perendaman 2 hari)	99
Tabel 3.16.	Hasil Pengujian Campuran B (perendaman 3 hari)	100
Tabel 3.17.	Hasil Pengujian Campuran B (perendaman 7 hari)	101
Tabel 4.1.	Analisa Hasil Pengujian Agregat A (kasar)	103
Tabel 4.2.	Analisa Hasil Pengujian Agregat B (kasar)	104
Tabel 4.3.	Analisa Hasil Pengujian Agregat A (halus)	104
Tabel 4.4.	Analisa Hasil Pengujian Agregat B (halus)	105

Tabel 4.5.	Analisa Hasil Pengujian Agregat A (filler)	105
Tabel 4.6.	Analisa Hasil Pengujian Agregat B (filler)	106
Tabel 4.7.	Analisa Hasil Pengujian Aspal	107
Tabel 4.8.	Analisa Rongga dalam Campuran	118
Tabel 4.9.	Analisa Rongga terisi Aspal	136
Tabel 4.10.	Analisa Stabilitas Campuran	138
Tabel 4.11.	Analisa Flow Campuran	148
Tabel 4.12.	Range Kadar Aspal sesuai syarat Campuran .	170
Tabel 5.1.	Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan	184
Tabel 6.1.	Daftar Harga Bahan per bulan Agustus 1993	186
Tabel 6.2.	Analisa Biaya	201

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1. Hubungan antara kepadatan dengan rongga udara	46
Gambar 2.2. Struktur Perkerasan Lentur Jalan	53
Gambar 2.3. Korelasi nilai CBR dan DDT	72
Gambar 2.4. Bagan alir Perencanaan Bina Marga	77
Gambar 4.1. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 1 hari)	110
Gambar 4.2. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 2 hari)	111
Gambar 4.3. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 3 hari)	112
Gambar 4.4. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 7 hari)	113
Gambar 4.5. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 1 hari)	114
Gambar 4.6. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 2 hari)	115
Gambar 4.7. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 3 hari)	116
Gambar 4.8. Grafik Kepadatan vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 7 hari)	117
Gambar 4.9. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 1 hari) ..	119

Gambar 4.10. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar - aspal (Campuran A perendaman 2 hari) ..	120
Gambar 4.11. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar - aspal (Campuran A perendaman 3 hari) ..	121
Gambar 4.12. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar - aspal (Campuran A perendaman 7 hari) ..	122
Gambar 4.13. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar - aspal (Campuran B perendaman 1 hari) ..	123
Gambar 4.14. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar - aspal (Campuran B perendaman 2 hari) ..	124
Gambar 4.15. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar - aspal (Campuran B perendaman 3 hari) ..	125
Gambar 4.16. Grafik Rongga dalam Campuran vs Kadar - aspal (Campuran B perendaman 7 hari) ..	126
Gambar 4.17. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar as- pal (Campuran A perendaman 1 hari)	128
Gambar 4.18. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar as- pal (Campuran A perendaman 2 hari)	129
Gambar 4.19. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar as- pal (Campuran A perendaman 3 hari)	130
Gambar 4.20. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar as- pal (Campuran A perendaman 7 hari)	131
Gambar 4.21. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar as- pal (Campuran B perendaman 1 hari)	132
Gambar 4.22. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar as- pal (Campuran B perendaman 2 hari)	133

Gambar 4.23. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 3 hari)	134
Gambar 4.24. Grafik Rongga terisi aspal vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 7 hari)	135
Gambar 4.25. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 1 hari)	139
Gambar 4.26. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 2 hari)	140
Gambar 4.27. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 3 hari)	141
Gambar 4.28. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 7 hari)	142
Gambar 4.29. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 1 hari)	143
Gambar 4.30. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 2 hari)	144
Gambar 4.31. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 3 hari)	145
Gambar 4.32. Grafik Stabilitas vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 7 hari)	146
Gambar 4.33. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran A-perendaman 1 hari)	149
Gambar 4.34. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran A-perendaman 2 hari)	150
Gambar 4.35. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran A-perendaman 3 hari)	151

Gambar 4.36. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran A- perendaman 7 hari)	152
Gambar 4.37. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran B- perendaman 1 hari)	153
Gambar 4.38. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran B- perendaman 2 hari)	154
Gambar 4.39. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran B- perendaman 3 hari)	155
Gambar 4.40. Grafik Flow vs Kadar aspal (Campuran B- perendaman 7 hari)	156
Gambar 4.41. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 1 hari)	158
Gambar 4.42. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 2 hari)	159
Gambar 4.43. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 3 hari)	160
Gambar 4.44. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran A perendaman 7 hari)	161
Gambar 4.45. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 1 hari)	162
Gambar 4.46. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 2 hari)	163
Gambar 4.47. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 3 hari)	164
Gambar 4.48. Grafik Marshall Quotient vs Kadar aspal (Campuran B perendaman 7 hari)	165

Gambar 4.49. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran A perendaman 1 hari)	166
Gambar 4.50. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran A perendaman 2 hari)	166
Gambar 4.51. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran A perendaman 3 hari)	167
Gambar 4.52. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran A perendaman 7 hari)	167
Gambar 4.53. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran B perendaman 1 hari)	168
Gambar 4.54. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran B perendaman 2 hari)	168
Gambar 4.55. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran B perendaman 3 hari)	169
Gambar 4.56. Analisa Kadar aspal Optimum (Campuran B perendaman 7 hari)	169

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG STUDI

Madura merupakan salah satu alternatif daerah pengembangan industri di Jawa Timur. Untuk itu perlu disiapkan beberapa sarana dan prasarana penunjang bagi kawasan industri di Madura ini. Salah satu diantaranya adalah penyediaan prasarana jalan raya yang memadai.

Namun dalam membangun jalan di Madura ini terdapat satu masalah utama, yaitu sebagian besar batuan yang ada yang ada di Madura merupakan jenis batuan kapur sehingga sulit mencari material yang baik untuk bahan perkerasan jalan. Hal ini terutama untuk kawasan industri yang umumnya perkerasan jalan direncanakan untuk lalu lintas berat dimana membutuhkan perkerasan jalan dengan mutu tinggi.

Selama ini batu kapur Madura memberikan hasil yang cukup baik sebagai bahan lapis perkerasan untuk kondisi lalu lintas rendah dan sedang. Namun untuk kondisi lalu lintas berat perlu dilakukan pengujian-pengujian yang bersifat teknis terhadap batu kapur Madura serta studi perbandingan biaya dengan bahan agregat lainnya di Jawa Timur untuk pemanfaatannya.

1.2. PERMASALAHAN

Masalah yang akan dibahas dalam studi ini pada intinya ada dua hal, yaitu :

1. Apakah batu kapur Madura secara teknis dapat digunakan sebagai bahan lapis permukaan perkerasan lentur jalan untuk kondisi lalu lintas berat.
2. Jika ditinjau dari segi biaya, apakah batu kapur Madura cukup layak untuk digunakan sebagai bahan lapis permukaan jalan yaitu apabila dibandingkan dengan penggunaan batu hitam dari quarry yang ada di Jawa Timur untuk bahan lapis permukaannya, khususnya untuk kondisi lalu lintas berat.

1.3. TUJUAN STUDI

Sesuai dengan masalah yang akan dibahas, maka studi ini mempunyai tujuan :

1. Mengetahui kualitas bahan dan campuran aspal beton baik yang menggunakan agregat batu kapur Madura maupun batu hitam dari quarry yang ada di Jawa Timur untuk menentukan kelayakan penggunaannya dari segi teknis.
2. Mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan untuk membuat lapis perkerasan jalan baik yang menggunakan

batu kapur Madura untuk bahan lapis permukaannya maupun batu hitam dari Quarry yang ada di Jawa Timur, sebagai material pembanding.

1.4. METODOLOGI STUDI

Metodologi yang akan dipergunakan dalam tugas akhir ini terdiri atas :

1. Pengujian di Laboratorium

Hal ini dilakukan untuk menguji agregat serta campuran aspal beton yang akan digunakan sebagai bahan lapis perkerasan. Pengujian bahan dan campuran aspal beton dilakukan berdasarkan Manual Pemeriksaan Bahan Jalan (MPBJ) No.01/MN/BM/1976 dari Direktorat Jenderal Bina Marga.

2. Perencanaan Tebal Perkerasan

Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah bahan yang dibutuhkan untuk membuat suatu lapis perkerasan. Selanjutnya hasil dari perencanaan tebal perkerasan ini akan digunakan didalam analisa biaya.

3. Survey Lapangan

Hal ini dilakukan untuk mengetahui sumber material serta harga dasar dari bahan yang akan digunakan dalam pembuatan lapis perkerasan jalan.

4. Analisa Biaya

Hal ini dilakukan untuk menentukan perbedaan biaya pembuatan lapis perkerasan jalan jika menggunakan batu kapur Madura untuk lapis permukaannya dengan penggunaan batu hitam Pandaan sebagai material pembanding. Selanjutnya dapat ditentukan kelayakan penggunaan batu kapur Madura sebagai bahan lapis permukaan.

1.5. RUANG LINGKUP STUDI

Mengingat banyaknya faktor dan persyaratan dalam studi ini, maka dalam studi ini dilakukan pembatasan antara lain :

1. Lokasi studi ditentukan di daerah Kabupaten Bangkalan Madura.
2. Jenis material yang akan digunakan dalam masing masing campuran aspal beton beton diambil dari lokasi yang sama, yaitu: batuan kapur dari Madura diambil dari daerah kecamatan Burneh Bangkalan dan sebagai pembanding digunakan batu hitam dari Pandaan Pasuruan.
3. Digunakan jenis material yang sama untuk masing-masing lapis pondasi atas dan lapis pondasi

bawah dari kedua jenis perkerasan tersebut.

4. Aspal yang digunakan untuk lapisan aspal beton hanya satu jenis yaitu aspal keras/aspal semen dengan sistim campuran panas.
5. Digunakan dua jenis tanah untuk subgrade yaitu tanah lempung berpasir dan tanah lempung/tanah merah.
6. Pembebanan lalu-lintas yang akan digunakan adalah untuk lalu-lintas tinggi (berat) yaitu kondisi jalan dengan beban lalu-lintas harian rata-rata lebih dari 20000 satuan mobil penumpang.
7. Tebal perkerasan lentur direncanakan berdasarkan Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26.1987. UDC:625.73(02) dari Direktorat Jenderal Bina Marga.
8. Analisa biaya dilakukan berdasarkan atas jumlah bahan yang digunakan dalam pembuatan lapis perkerasan tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. AGRAEGAT

Agregat (batuan) didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras (solid). Djanasudirdja (1984) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen.

Agregat (batuan) merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume (Asphalt Institute, 1983).

Dengan demikian daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Karena itu biasanya digunakan agregat bermutu tinggi untuk mendapatkan lapisan atas perkerasan aspal yang kuat dimana beban roda pada lapisan tersebut besar. Dan mutu agregat yang lebih rendah sering digunakan pada lapisan dibawahnya karena beban roda yang diterima tidak sebesar lapisan diatasnya.

2.1.1. JENIS AGREGAT

Ditinjau dari asal usulnya batuan dapat dibagi dalam tiga tipe dasar (Das,1985), yaitu : batuan beku (igneous rock), batuan sedimen (sedimentary rock) dan batuan metamorf (metamorphic rock).

2.1.1.1. BATUAN BEKU (IGNEOUS ROCK)

Batuan beku terbentuk dari membekunya magma cair yang terdesak ke permukaan (dari bagian yang dalam sekali pada mantel bumi). Sesudah tersembul ke permukaan melewati rekahan-rekahan pada kulit bumi (fissure eruption) atau melewati gunung berapi (volcanic eruption), sebagian dari magma cair tersebut mendingin di permukaan bumi dan membatu. Batuan ini disebut batuan beku luar (extrusive igneous rock). Kadang kadang magma tersebut berhenti bergerak sebelum sampai ke permukaan bumi dan membatu. Batuan ini disebut batuan beku dalam (intrusive igneous rock).

Jenis batuan beku yang terbentuk karena mendinginnya magma tergantung pada beberapa faktor seperti komposisi dari magma dan kecepatan mendinginnya dari magma tersebut. Batuan beku luar umumnya berbutir halus seperti : batu apung, andesit, basalt, obsidian,

dll. Sedangkan batuan beku luar umumnya bertekstur kasar seperti : granit, gabbro, diorit, dll.

2.1.1.2. BATUAN SEDIMEN (SEDIMENTARY ROCK)

Batuan sedimen dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa sisa hewan dan tanaman. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di laut, danau, dsb, yang terbentuk secara mekanik, organik dan kimiawi.

Batuan sedimen yang terbentuk secara mekanik terjadi karena adanya tekanan lapisan tanah di atasnya dan adanya proses sementasi pada tanah kerikil, pasir, lanau dan lempung hasil pelapukan. Contoh batuan ini misalnya : conglomerate, breccia, sandstone, mudstone dan shale. Batuan sedimen yang terbentuk secara organik seperti gamping, batubara, opal, dll. Sedangkan batuan sedimen yang terbentuk secara kimiawi seperti batu gamping, batu kapur (limestone), dolomite, gipsun, dll.

Bentuk batuan sedimen ini berlapis-lapis dengan bentuk lapisannya mengikuti bentuk kejadiannya.

2.1.1.3. BATUAN METAMORF (METAMORPHIC ROCK)

Batuan metamorf umumnya berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur

pada kulit bumi. Dalam peristiwa metamorfose mineral mineral baru terbentuk dan butir butir mineralnya terkena geseran yang kemudian membentuk tekstur batu metamorf yang berlapis lapis.

Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas batuan metamorf yang masif seperti marmer, kwarsit, dll dan batuan metamorf yang berfoliasi/berlapis seperti : batu asbak, filit, sekis, dll.

2.1.2. SUMBER AGREGAT

Berdasarkan proses pengolahannya agregat yang dipergunakan pada perkerasan lentur dapat dibedakan atas agregat alam, agregat yang mengalami proses pengolahan dan agregat buatan.

2.1.2.1. AGREGAT ALAM

Agregat alam adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan.

Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan berdasarkan proses pembentukannya. Dua bentuk agregat alam yang sering dipergunakan yaitu kerikil dan pasir. Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel ≤ 3 inch (75 mm) dan ≥ 0.25 inch (6.35mm). Pasir adalah agregat dengan ukuran partikel < 0.25 inch (6.35mm) dan \geq

0.0075 mm (saringan no.200).

Berdasarkan tempat asalnya agregat alam dapat dibedakan atas pit-run yaitu agregat yang diambil dari tempat terbuka dan bank-run yaitu agregat yang berasal dari sungai atau endapan sungai.

2.1.2.2. AGREGAT DENGAN PROSES PENGOLAHAN

Agregat dengan proses pengolahan adalah agregat yang diperoleh dengan memecah batu gunung yang masih berbentuk bongkahan-bongkahan besar menjadi material kecil sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (crusher stone) sehingga ukuran partikel yang dihasilkan dapat terkontrol, berarti gradasi yang diharapkan dapat dicapai sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

2.1.2.3. AGREGAT BUATAN

Agregat buatan adalah agregat yang diperoleh dengan cara memodifikasi suatu material baik secara fisika maupun secara kimia. Biasanya agregat ini merupakan hasil sampingan dari pabrik pabrik semen atau mesin pengolah batu.

Agregat ini mempunyai ukuran $< 0.075\text{mm}$, karena itu umumnya agregat ini digunakan sebagai material

pengisi (mineral filler).

2.1.3. PENGUJIAN AGREGAT

Ada beberapa pengujian agregat yang harus dilakukan pada material yang akan digunakan sebagai bahan perkerasan lentur, sebagai syarat dari kelayakannya yaitu :

- gradasi dan ukuran maksimum
- kebersihan
- daya tahan agregat
- bentuk agregat
- tekstur permukaan agregat
- penyerapan
- kelekatan terhadap aspal
- berat jenis

2.1.3.1. GRADASI DAN UKURAN MAKSIMUM

Gradasi atau distribusi partikel partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana

saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus diletakkan paling bawah. Analisa saringan dapat dilakukan dengan menggunakan analisa kering sesuai dengan AASHTO T27-82 atau analisa basah sesuai dengan AASHTO T11-82.

Pengujian gradasi yang dipakai dalam studi ini dilakukan dengan analisa saringan (MPBJ PB-0201-76) dan penentuan tipe gradasi dengan menggunakan perumusan yang diberikan oleh *Unified Classification System* yaitu menentukan nilai koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc) dari diagram pembagian butir bahan mineral. Koefisien keseragaman dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

dimana : Cu = koefisien keseragaman

D₆₀ = diameter butiran dimana 60% butiran lolos

D₁₀ = diameter butiran dimana 10% butiran lolos

Koefisien gradasi dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

dimana : C_c = koefisien gradasi

D_{30} = diameter butiran dimana 30% butiran lolos.

Agregat dikatakan bergradasi baik jika memiliki nilai koefisien keseragaman lebih besar dari 4 dan koefisien gradasi antara 1 sampai 3.

Sedangkan ukuran maksimum agregat biasanya ditentukan oleh tebal lapisan yang diharapkan. Karena semakin besar ukuran maksimum dari suatu agregat maka semakin banyak variasi ukuran butiran yang diperlukan, yang berarti semakin tebal lapisan yang dihasilkan.

2.1.3.2. KEBERSIHAN

Umumnya kebersihan agregat diukur berdasarkan kadar lempung yang terkandung dalam agregat tersebut. Hal ini karena :

- lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dan aspal berkurang.
- adanya lempung menyebabkan luas daerah yang harus

diselimuti aspal bertambah. Dengan kadar aspal yang sama akan menghasilkan tebal lapisan yang lebih tipis yang dapat mengakibatkan adanya stripping (lepasnya ikatan antara aspal dan agregat). Dan juga tipisnya lapisan aspal menyebabkan lapisan mudah teroksidasi sehingga lapisan cepat rapuh / getas.

- lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal.

Pengujian kebersihan agregat halus dapat dilakukan dengan menggunakan *Atterberg Limit* sesuai dengan prosedur PB-0109-76 dan *Indeks Plastis* sesuai dengan prosedur PB-0110-76 untuk contoh tanah lolos no 40. Sedangkan untuk partikel agregat yang lolos saringan nomor 4 dilakukan pengujian *Sand Equivalent Test* sesuai dengan prosedur AASHTO T176-73 (1982) sebagai berikut :

- dengan menggunakan tabung kaca, contoh tanah sebanyak 150 gr dimasukkan kedalam larutan CaCl_2 dan diendapkan selama 10 menit.
- selanjutnya tabung yang telah ditutup dengan tutup karet dikocok dalam arah mendatar sebanyak 90 kali.
- kemudian larutan ditambah sampai skala 15 dan dibiarkan selama 20 menit.

- setelah itu dibaca skala pasir dan skala lumpur, kemudian hitung :

$$S E = \frac{\text{skala pasir}}{\text{skala lumpur}} \times 100 \%$$

Nilai sand equivalent dari partikel agregat yang dapat dipergunakan untuk bahan konstruksi perkerasan jalan adalah > 50%.

Pengujian kebersihan agregat kasar dapat dilakukan dengan Clay Lump sesuai dengan prosedur AASHTO T112-74 sebagai berikut :

- siapkan agregat dengan ukuran 3/8" - 3/4" sebanyak 2kg (W)
- kemudian ratakan benda uji dalam bak perendam dan rendam selama 24 ± 4 jam.
- setelah itu remas-remas benda uji dengan jari tangan sampai gumpalan lempung runtuh semua.
- benda uji diuci dan disaring dengan ayakan No.8, dan yang tertahan ayakan No.8 tersebut dioven pada suhu $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ sampai kering dan timbang (R).
- maka persentase gumpalan lempung (P) dihitung sebagai berikut :

$$P = (W - R/W) \times 100\%$$

2.1.3.3. DAYA TAHAN AGREGAT

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur atau pecah oleh pengaruh mekanis maupun kimiawi. Umumnya daya tahan agregat ini diidentikkan dengan kekerasan dari agregat tersebut. Pengaruh mekanis terhadap agregat biasanya didefinisikan sebagai degradasi yaitu kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Sedangkan pengaruh kimiawi terhadap agregat didefinisikan sebagai pelapukan pada agregat menjadi butir-butir halus akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban, kepanasan dan perbedaan temperatur sehari-hari.

Daya tahan agregat terhadap pengaruh mekanis diuji dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles (AASHTO T96-77 atau PB-0206-76), dengan syarat nilai abrasi terhadap penggunaan agregat sebagai berikut :

- Nilai Abrasi > 40% menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan cukup untuk digunakan sebagai material lapis perkerasan.
- Nilai Abrasi < 30% baik sebagai bahan lapis penutup.

- Nilai Abrasi < 40% baik sebagai bahan lapis permukaan dan lapis pondasi atas.
- Nilai Abrasi < 50% dapat dipergunakan sebagai bahan lapisan lebih bawah.

Daya tahan agregat terhadap pengaruh kimiawi diuji dengan menggunakan soundness sesuai dengan prosedur AASHTO T104-77 (1982) sebagai berikut :

- agregat direndam dalam natrium sulfat pekat atau sodium sulfat sampai jenuh, dicuci dan direndam lagi sebanyak 5 kali.
- larutan natrium sulfat akan masuk kedalam pori-pori agregat dan akibat proses pengeringan, agregat yang tidak kuat akan hancur.
- kehilangan berat akibat perendaman ini dinyatakan dalam persen, dengan ketentuan bahwa agregat dengan nilai soundness < 12% menunjukkan bahwa agregat tersebut cukup tahan terhadap pengaruh cuaca dan dapat digunakan untuk lapis permukaan.

2.1.3.4. BENTUK AGREGAT

Selain mempengaruhi stabilitas lapis perkerasan, bentuk agregat juga mempengaruhi dalam kemudahan pelaksanaan pembuatan lapis perkerasan tersebut. Ada beberapa bentuk partikel agregat serta pengaruhnya

terhadap sifat perkerasan yaitu :

- Bulat (Rounded)

Partikel agregat bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya interlocking yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

- Lonjong (Elongated)

Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya > 1.8 kali diameter rata-rata. Indeks kelongongan dinyatakan sebagai perbandingan (%) dari berat agregat lonjong terhadap berat agregat total. Sifat interlockingnya hampir sama dengan yang berbentuk kubus.

- Kubus (Cubical)

Sifat interlocking yang dihasilkannya lebih besar dari kedua bentuk diatas, sehingga kestabilan yang dihasilkan juga lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat bentuk ini paling baik digunakan sebagai bahan perkerasan jalan.

- Pipih (Flaky)

Dikatakan pipih jika agregat tersebut lebih tipis dari 0.6 kali diameter rata-rata. Agregat bentuk

ini mudah pecah saat pencampuran, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas.

- Tak Beraturan (Irregular)

Agregat yang tidak beraturan adalah agregat yang tidak mengikuti bentuk-bentuk agregat diatas.

2.1.3.5. TEKSTUR PERMUKAAN AGREGAT

Perlu dilakukan pengujian terhadap tekstur permukaan agregat karena stabilitas dan daya dukung dari lapisan perkerasan dipengaruhi juga oleh gesekan yang timbul antar partikel, dimana besar gesekan antar partikel ini tergantung pada jenis permukaan agregat. Jenis permukaan agregat dibedakan atas agregat yang permukaannya kasar (rough), agregat yang permukaannya halus (smooth), agregat yang permukaannya licin dan mengkilat (glassy) dan agregat yang permukaannya berpori (porous).

Gesekan timbul terutama pada agregat yang permukaannya kasar karena sudut geser dalam antar partikel akan bertambah dengan semakin kasarnya agregat. Karena itu dianjurkan untuk memakai agregat dengan permukaan kasar untuk mendukung stabilitas lapisan perkerasan.

Tidak ada metode pengujian yang dapat dilakukan

terhadap tekstur permukaan agregat tetapi seperti halnya bentuk agregat, karakteristik ini direfleksikan dalam tes kekuatan agregat dan kemudahannya dalam pencampuran.

2.1.3.6. PENYERAPAN

Besarnya penyerapan air dari suatu agregat sangat tergantung dari banyaknya pori-pori pada agregat tersebut. Karena itu porositas suatu agregat diindikasikan dengan banyaknya air yang diserap jika agregat tersebut direndam dalam air. Besarnya penyerapan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan (absorpsi)} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

dimana : B_k = berat benda uji kering oven

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh

Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan sehingga mempengaruhi daya lekat aspal dengan agregat. Karena itu besarnya absorpsi dibatasi 3% untuk agregat yang akan digunakan untuk lapisan permukaan dengan pengikat aspal.

Besarnya porositas agregat berpengaruh terutama pada jumlah pemakaian aspal dalam suatu campuran.

Jumlah aspal yang lebih banyak harus diberikan untuk mengatasi penyerapan aspal oleh agregat agar dihasilkan stabilitas campuran sesuai dengan yang diharapkan.

2.1.3.7. KELEKATAN TERHADAP ASPAL

Daya lekat terhadap aspal dari suatu agregat sangat dipengaruhi oleh sifat mekanis dan sifat kimiawi dari agregat tersebut. Sifat mekanis agregat sangat tergantung dari porositas, bentuk dan tekstur permukaan dan ukuran butirnya. Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan antara aspal dan agregat baik. Namun terlalu banyak pori dapat mengakibatkan terlalu banyak aspal yang terserap yang berakibat lapisan aspal menjadi tipis. Agregat berbentuk kubus dan kasar memberikan kelekatan yang lebih baik dari pada agregat berbentuk bulat dan halus. Permukaan agregat yang kasar akan memberikan ikatan dengan aspal lebih baik daripada agregat dengan permukaan licin.

Sifat kimiawi agregat tergantung pada sifat agregat terhadap air. Agregat yang bersifat senang terhadap air (*hydrophilic*) tidak baik digunakan sebagai bahan campuran dengan aspal karena mudah terjadi stripping yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat karena pengaruh air.

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dilakukan dengan percobaan *stripping* mengikuti prosedur PB 0205-76 atau AASHTO T182-82, dimana kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap seluruh luas permukaan agregat. Pelaksanaan percobaan *stripping* dapat dilakukan sebagai berikut :

- siapkan benda uji agregat lolos saringan 3/8" dan tertahan saringan 1/4" sebanyak 100 gr
- cuci dan keringkan benda uji tersebut dalam oven sampai beratnya tetap
- kemudian benda uji diaduk dengan aspal semen dan dipanaskan kira-kira sampai temperatur 135 - 150°C
- masukkan kedalam tabung gelas kimia dan diisi air suling sebanyak 400 ml
- biarkan dalam suhu ruang selama 16 - 18 jam kemudian amati perkiraan luas permukaan yang masih diselimuti aspal.

Nilai kelekatan harus > 95% untuk bahan campuran dengan aspal.

2.1.3.8. BERAT JENIS (SPECIFIC GRAVITY)

Berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya perencanaan campuran didasarkan pada perbandingan berat. Selain itu berat jenis agregat digunakan untuk menentukan banyaknya pori. Semakin besar berat jenisnya semakin padat agregat tersebut maka semakin kecil porositasnya. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak.

Untuk keperluan perencanaan maka dibedakan tiga macam berat jenis yaitu : berat jenis bulk, berat jenis semu (apparent) dan berat jenis kering permukaan jenuh. Pengujian ketiga berat jenis tersebut dapat dilakukan berdasarkan prosedur dari MPBJ PB 0202-76 atau AASHTO T85-81.

Perumusan yang dapat digunakan untuk menghitung ketiga berat jenis diatas adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

dimana : B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh
(gr)

B_a = berat benda uji dalam air (gr)

2.2. ASPAL

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua yang mengandung zat hydrocarbon dimana pada temperatur ruang dapat berbentuk padat atau agak padat. Jika dipanaskan pada temperatur tertentu aspal dapat lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Demikian juga sebaliknya jika temperatur aspal mulai turun maka aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya.

Aspal merupakan proses lanjutan dari residu hasil destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi menghasilkan residu yang terdiri dari bahan dasar aspal yang berbeda seperti bahan dasar aspal, bahan dasar parafin dan bahan dasar campuran. Dari ketiga residu ini, bahan dasar aspal mempunyai kandungan bitumen yang terbesar yang merupakan bahan dasar utama dari aspal.

2.1.1. JENIS ASPAL

Dilihat dari cara diperolehnya aspal yang digunakan dalam konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi dua yaitu: aspal alam dan aspal buatan.

2.1.1.1. ASPAL ALAM

Aspal alam merupakan aspal yang dapat langsung diambil dari alam. Aspal jenis ini umumnya sangat keras (penetrasi < 10) sehingga sebelum digunakan harus diremajakan dan diencerkan terlebih dahulu. Berdasarkan tempat asalnya aspal alam dapat dibedakan menjadi dua yaitu: aspal danau dan aspal batuan. Aspal danau (*lake asphalt*) merupakan aspal yang ditambang langsung dari danau aspal yang merupakan suatu dataran di permukaan bumi yang "tanahnya" sebagian besar berupa aspal. Aspal batuan (*rock asphalt*) merupakan aspal yang diperoleh dari celah celah batuan yang terjadi karena merembasnya minyak bumi kedalam pori- pori batuan.

2.1.1.2. ASPAL BUATAN

Aspal buatan adalah aspal yang diperoleh dari hasil penyulingan pada proses pengolahan bahan tertentu seperti minyak bumi dan batubara. Ditinjau dari bahan dasar, proses pengolahan dan cara penggunaannya aspal dapat dibedakan menjadi empat

yaitu : asmin residu, aspal dingin / cair, aspal emulsi dan tar.

- Asmin residu (Asphalt Cement)

Aspal semen merupakan aspal yang berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang) dan digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal semen dikelompokkan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu mulai penetrasi 40/50 sampai penetrasi 200/300. Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan didaerah bercuaca panas atau lalulintas dengan volume tinggi. Sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalulintas dengan volume rendah.

- Aspal dingin / cair (Cutback asphalt)

Aspal cair adalah aspal yang diencerkan dengan minyak pengencer (cutter) dan digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Ditinjau dari bahan pengencernya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya aspal cair dibedakan menjadi : rapid curing cutback asphalt, medium curing cutback asphalt dan slow curing cutback asphalt. Umumnya aspal cair ini dibedakan lagi berdasarkan viskositasnya pada temperatur 60°C yaitu mulai RC 30-60 sampai SC 3000-6000.

perkerasan adalah sebagai *bahan pengisi*, yaitu mengisi rongga antara butir butir agregat dan pori pori yang ada dari agregat itu sendiri sehingga akan dihasilkan suatu lapisan konstruksi perkerasan yang kedap air serta tahan terhadap pengaruh cuaca.

Dilihat dari uraian diatas aspal mempunyai peranan yang cukup besar terhadap stabilitas konstruksi perkerasan. Karena itu aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik serta memberikan sifat elastis yang baik. Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

Aspal adalah material yang termoplastis yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau mencair jika temperatur bertambah. Sifat ini merupakan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap

temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama.

Pada waktu pelaksanaan pencampuran aspal dengan agregat terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Proses perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Jadi selama masa pelayanan aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi pula oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

2.2.3. PENGUJIAN ASPAL

Adanya variasi sifat aspal yang dihasilkan dari produksi bahan alam memerlukan adanya pengujian pengujian untuk mengetahui kelayakannya sebagai bahan pengikat pada perkerasan lentur jalan sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan.

2.2.3.1. TEST PENETRASI

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk melihat tingkat kekerasan aspal. Test penetrasi ini dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian

PA-0301-76 yaitu dengan memasukkan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 50 gr sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gr selama 5 dt pada temperatur 25°C . Besarnya penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang merupakan kelipatan 0.1 mm.

2.2.3.2. TITIK LEMBOK (SOFTENING POINT TEST)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan titik lembek aspal yaitu suhu pada saat bola baja (dengan berat tertentu) mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar dibawah cincin sebagai akibat kecepatan pemanasan. Pengujian titik lembek ini dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur dari Manual Pemeriksaan Bahan Jalan PA 0302-76 yaitu memasukkan benda uji yang telah dipanaskan pada suhu 56°C kedalam cincin. Kemudian bola baja ditumpangkan dan dilakukan pemanasan pada contoh dengan kecepatan 5°C per menit. Catat suhu pemanasan saat bola baja menyentuh pelat.

Titik lembek aspal bervariasi antara 30°C - 200°C . Aspal dengan titik lembek yang lebih tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur dan lebih baik untuk

bahan pengikat konstruksi perkerasan.

2.2.3.3. TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Sedangkan titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Titik nyala dan titik bakar ini perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.

Pengujian titik nyala dan titik bakar ini dapat dilakukan mengikuti prosedur MPBJ PA 0303-76 yaitu aspal dengan suhu 150°C disiapkan dalam cleveland open cup yang berbentuk cawan dari kuningan dan diletakkan pada pelat pemanas. Cawan dipanaskan dengan kecepatan pemanasan 5°C per menit. Kemudian nyalakan api pada nyala penguji serta diputar melewati contoh. Catat besarnya temperatur saat api membakar / menyentuh contoh.

2.2.3.4. KEHILANGAN BERAT ASPAL (THICK FILM TEST)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengurangan berat aspal akibat penguapan bahan bahan yang mudah menguap dalam aspal. Pengujian ini dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur MPBJ PA 0304-76

yaitu aspal seberat 50 ± 0.5 gr dituangkan dalam cawan dan dipanaskan dalam oven berventilasi sampai suhu 163°C selama 5 jam. Kemudian benda uji didinginkan dalam suhu ruang dan dihitung prosentase kehilangan beratnya.

Penurunan berat yang besar menunjukkan banyaknya bahan bahan yang hilang karena penguapan. Aspal tersebut akan cepat mengeras dan menjadi rapuh.

2.2.3.5. KELARUTAN DALAM CCl_4 ATAU CS_2

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kemurnian bahan bitumen dengan melihat kelarutannya dalam karbon tetra klorida atau karbon bisulfida. Pengujian ini dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur MPBJ PA-0305-76 yaitu dengan melarutkan sejumlah aspal cemen kedalam larutan CCl_4 atau CS_2 . Kemudian dihitung perbandingan antara bitumen yang larut dengan jumlah bitumen kering. Hasilnya dinyatakan dalam prosentase kelarutan.

Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCl_4 atau CS_2 maka bitumen tersebut adalah murni. Disyaratkan bitumen yang akan digunakan untuk perkerasan jalan mempunyai kemurnian $> 99\%$.

2.2.3.6. DAKTILITAS BAHAN BAHAN BITUMEN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi aspal yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tertentu. Pengujian ini dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian dari MPBJ PA 0300-76 yaitu dengan memasukkan aspal yang telah dipanaskan diatas titik lembeknya kedalam cetakan standart. Setelah didinginkan didalam suhu ruang, contoh dimasukkan pada bak perendam pada suhu 25°C selama 90 menit. Kemudian benda uji ditarik dan dicatat jarak terpanjang sebelum putus.

Aspal dengan daktilitas yang lebih besar dapat mengikat butir butir agregat lebih baik namun lebih peka terhadap perubahan temperatur.

2.2.3.7. BERAT JENIS BITUMEN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis aspal yaitu perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25° atau 15.6°C . Pengujian ini dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian MPBJ PA 0307-76 yaitu :

- Timbang berat piknometer kosong dan kering (A)

- Contoh aspal seberat 50 gr dipanaskan selama 30 menit pada suhu 56°C dan dimasukkan kedalam piknometer kering hingga mencapai $3/4$ isi, kemudian didinginkan selama 40 menit dan ditimbang beratnya (C)
- Piknometer berisi air suling direndam selama 30 menit pada suhu standar dan setelah dikeringkan, ditimbang beratnya (B)
- Piknometer yang berisi contoh diisi dengan air suling serta gelembung udaranya dikeluarkan. Kemudian timbang beratnya (D)

$$\text{Maka berat jenis aspal} = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$$

2.3. ASPAL BETON

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu dari jenis dari lapis konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Pekerjaan pencampuran dilakukan dipabrik pencampur kemudian dibawa ke lokasi dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam. Selanjutnya dipadatkan dengan mesin pemadatan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton.

Aspal beton dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsinya sebagai berikut :

- Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air.
- Sebagai lapis pondasi atas
- Sebagai lapis pembentuk pondasi jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan.

Sesuai dengan fungsinya maka lapis aspal beton mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis aus maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang dipergunakan lebih halus dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis pondasi.

Berdasarkan susunan gradasi agregatnya aspal beton campuran panas ini dapat dibedakan menjadi :

- Aspal beton Amerika yang bersumber kepada Asphalt Institute.

Aspal beton ini merupakan campuran panas antara agregat, aspal dan filler dengan gradasi campuran

agregatnya menggunakan sistim menerus (Continuous Graded).

- Aspal beton Inggris yang bersumber kepada BS 594 Inggris.

Aspal beton ini biasanya disebut HRA (*Hot Rolled Asphalt*) atau HRS (*Hot Rolled Sheet*) yaitu campuran agregat yang bergradasi timpang (gap graded) dengan aspal yang dicampur secara panas dan dipadatkan pada suhu tertentu.

2.3.1. BAHAN CAMPURAN

Bahan bahan yang biasa digunakan untuk campuran aspal beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler (mineral pengisi) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu.

2.3.1.1. AGREGAT KASAR

Agregat kasar yang dapat digunakan dalam campuran aspal beton dapat merupakan batu pecah (crushed stone) atau pecahan kerikil (crushed gravel) dalam keadaan kering dengan persyaratan tertentu. Didalam buku Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga ditetapkan persyaratan agregat kasar yang dapat digunakan untuk bahan campuran aspal beton

seperti tercantum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Persyaratan
1. Gradasi	PB.0201-76	
2. Kekerasan	PB.0206-76	maks. 40 %
3. Kelekatan terhadap aspal	PB.0205-76	min. 95 %
4. Indeks Pipih	BS. 812-1967	maks. 25 %
5. Bentuk Butir	Visual	min. 50 % agregat harus mempunyai satu bidang pecah
6. Penyerapan	PB.0202-76	maks. 3 %
7. Berat Jenis Semu	PB.0202-76	min. 2.5
8. Gumpalan Lempung	AASHTO T 112	maks. 0.25 %
9. Bagian batu yang lunak	AASHTO T 150	maks. 5 %

2.3.1.2. AGREGAT HALUS

Agregat halus dapat terdiri dari pasir bersih, bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dalam keadaan kering. Pemakaian agregat halus sebagai bahan campuran aspal beton harus memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga seperti dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Halus

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Persyaratan
1. Bentuk Butir	Visual	berbidang kasar dan bersudut tajam
2. Nilai Sand Equivalent	AASHTO T 176	min. 50 %
3. Berat Jenis Semu	PS 0202-76	min. 2.5
4. Penyerapan	PS 0202-76	maks. 3 %

2.3.1.3. MINERAL PENGISI (FILLER)

Pada umumnya material yang digunakan sebagai filler didalam campuran aspal beton dapat berupa abu batu, kapur dan semen portland. Seperti halnya agregat kasar dan agregat halus maka material yang digunakan sebagai filler harus memenuhi juga syarat syarat yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga dalam Petunjuk Pelaksanaan Aspal Beton No.13/PT/BM/1983 seperti yang terdapat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan Material Pengisi

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Persyaratan
1. Gradasi 2. Kadar air 3. Kebersihan	PS 0201-76	maks. 1 % bebas dari kotoran yang tidak baik

Persyaratan gradasi untuk material pengisi biasanya dinyatakan dalam % lolos terhadap berat, sebagai berikut :

Ukuran saringan	% lolos
- No. 30	100
- No. 50	95 - 100
- No. 100	90 - 100
- No. 200	70 - 100

Material filler ini dibutuhkan untuk menghasilkan campuran aspal beton yang impermeabel (kedap air). Karena material filler akan mengisi rongga rongga antar butir agregat kasar dan agregat halus.

2.3.1.4. ASPAL

Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal beton yaitu memberikan ikatan yang kuat antara aspal itu sendiri serta antara aspal dengan batuan. Jenis dan jumlah pemakaian aspal dalam suatu campuran aspal beton sangat mempengaruhi terhadap kualitas campuran yang dihasilkan. Biasanya digunakan aspal semen dengan tingkat kekerasan / penetrasi 60 atau penetrasi 80. Sedangkan kadar aspal optimum yang digunakan sangat tergantung pada variasi rongga udara masing masing agregat.

Direktorat Jenderal Bina Marga didalam Petunjuk Pelaksanaan Aspal Beton No.13/PT/BM/1983 menetapkan persyaratan untuk aspal yang akan dipergunakan dalam konstruksi perkerasan lentur seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Persyaratan	
		min.	maks.
1. Penetrasi	PA 0301-76	60	70
2. Titik Lembek	PA 0302-76	48 °C	58 °C
3. Titik Nyala	PA 0303-76	200 °C	
4. Kehilangan Berat	PA 0304-76		0.4% berat
5. Kelarutan dalam CCl ₄	PA 0305-76	99% berat	
6. Daktilitas	PA 0306-76	100 cm	
7. Berat Jenis	PA 0307-76	1 gr/cc	
8. Penetrasi setelah kehilangan berat	PA 0301-76	75% semula	

2.3.2. PERENCANAAN CAMPURAN

Perencanaan campuran diperlukan untuk mendapatkan resep campuran yang memenuhi spesifikasi, menghasilkan campuran yang memenuhi kinerja yang baik dari agregat yang tersedia.

Prosedur dalam perencanaan campuran aspal beton meliputi penentuan komposisi agregat, kadar aspal optimum serta karakteristik campuran. Penentuan komposisi agregat dihitung berdasarkan nilai tengah dari spesifikasi campuran yang dipakai serta dengan mempertimbangkan biaya dari penggunaan agregat agregat tersebut. Sedangkan penentuan kadar aspal optimum dan karakteristik campuran dilakukan dengan menggunakan metode Marshall.

2.3.2.1. PENENTUAN KOMPOSISI AGREGAT

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam perhitungan komposisi agregat adalah mengetahui gradasi serta harga dari masing masing agregat yang akan dipergunakan dalam campuran. Gradasi dari masing masing agregat biasanya dinyatakan dalam persen berat lolos atau persen berat tertahan dari satu set saringan tertentu. Kemudian dengan mempertimbangkan harga dari masing masing agregat dapat dilakukan perhitungan komposisi agregat berdasarkan pada nilai tengah dari spesifikasi yang digunakan.

2.3.2.2. BERAT JENIS CAMPURAN

Berat jenis campuran merupakan gabungan dari masing masing berat jenis bahan yang digunakan dalam

campuran tersebut. Untuk tiap tiap bahan campuran biasanya digunakan berat jenis sebagai berikut :

- Aspal semen : berat jenis apparent
- Agregat kasar : berat jenis bulk
- Agregat halus : berat jenis bulk
- Mineral filler : berat jenis apparent

Berat jenis campuran dapat ditentukan sebagai berikut :

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

dimana : G_{sb} = berat jenis campuran

P_1, P_2, \dots, P_n = persentase masing masing agregat,

dan $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 100$

G_1, G_2, \dots, G_n = berat jenis masing masing agregat

1, 2, ..., n

2.3.2.3. PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM

Langkah pertama dalam menentukan kadar aspal optimum adalah membuat beberapa benda uji dengan beberapa variasi kadar aspal. Umumnya untuk campuran aspal beton digunakan variasi kadar aspal antara 4%-8% dengan kelipatan setiap 0.5%.

Kemudian dengan menggunakan percobaan Marshall akan didapatkan sifat sifat teknis campuran sebagai

berikut :

- *Density*

Density adalah kepadatan campuran dari benda uji yang telah dipadatkan. Besarnya density diperoleh dari berat jenis benda uji dikalikan dengan berat jenis air (1.0 Mg/m^3 atau 62.4 lb/ft^3). Umumnya density ini dinyatakan dalam Mg/m^3 .

- *Stability*

Pengujian stabilitas dilakukan dengan menekan benda uji hingga hancur. Besarnya biasanya dinyatakan dalam kg atau lb. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (ruting)

- *Flow*

Pengujian flow ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelelahan dari suatu campuran. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian stabilitas. Besarnya diukur dalam satuan mm atau dalam 0.01 ". Nilai flow ini dapat menentukan tingkat fleksibilitas dari campuran dan merupakan indikator terhadap lentur.

- *Void in Mix*

Void in mix adalah jumlah kandungan rongga dalam campuran. Nilai ini digunakan untuk menentukan

tingkat porositas dari campuran serta merupakan indikator dari durabilitas (kemungkinan bleeding).

- *Void Filled with Asphalt*

Void filled with asphalt adalah prosentase kandungan pori yang terisi aspal. Nilai ini digunakan untuk menentukan tingkat keawetan dari campuran.

- *Marshall Quotient*

Marshall quotient adalah nilai perbandingan antara stabilitas dengan flow dari campuran.

Haka dengan menggunakan grafik hubungan antara masing masing parameter (sifat teknis) diatas dengan masing masing kadar aspal dalam campuran serta persyaratan campuran yang telah ditetapkan dapat ditentukan prosentase kadar aspal optimumnya.

Persyaratan campuran aspal beton ditetapkan oleh Direkorat Jendaral Bina Marga didalam Petunjuk Pelaksanaan Aspal Beton No. 13/PT/BM/1983, seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Persyaratan Campuran Aspal Beton

Jenis Pengujian	Kepadatan Lalu Lintas		
	Berat	Sedang	Ringan
1. Stabilitas (kg)	> 750	> 650	> 400
2. Kelelahan (mm)	2 - 4	2 - 4.5	2 - 5
3. % Rongga dalam campuran	3 - 5	3 - 5	3 - 5
4. % Rongga terisi aspal	75 - 82	75 - 85	75 - 85
5. Jumlah Tumbukan	2 x 75	2 x 50	2 x 35

2.3.2.4. ANALISA KEPADATAN DAN KANDUNGAN PORI

Untuk menentukan sifat benda uji padat dari campuran perlu dilakukan analisa kepadatan dan kandungan pori yaitu meliputi :

- Kepadatan Benda Uji

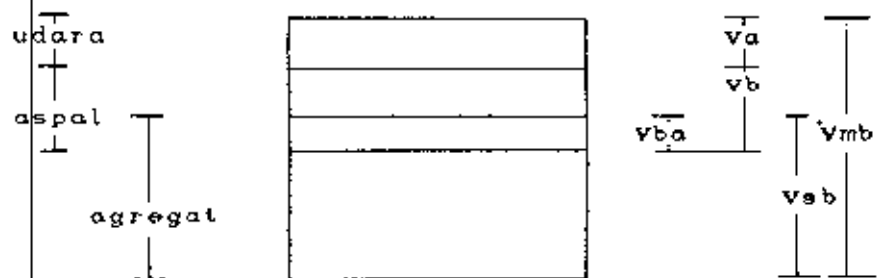
Kepadatan benda uji ini biasanya dinyatakan dalam satuan Hg/m^3 (lb/ft^3). Berat jenis benda uji ini dikalikan dengan berat jenis air (1 Hg/m^3 atau 62.4 lb/ft^3) menghasilkan kepadatan benda uji yang telah dipadatkan itu.

- Void in Mineral Agregate (VMA)

Kandungan pori dalam mineral agregat dinyatakan dalam persen dari total volume benda uji. VMA ini menunjukkan volume dari campuran padat yang tidak terisi agregat.

- Void in the Mix (V_a)

Kandungan pori dalam campuran juga dinyatakan dalam persen dari total volume benda uji. V_a ini menunjukkan volume yang tidak terisi baik oleh aspal maupun oleh agregat.



Gambar 2.1. Hubungan antara kepadatan dengan rongga udara

Keterangan gambar :

- V_{mb} = Volume total benda uji
- V_a = Volume rongga udara
- V_b = Volume aspal
- V_{ba} = Volume aspal yang terserap agregat
- V_{sb} = Volume agregat

Maka dapat dihitung :

$$\text{Kepadatan benda uji} = \frac{W_b + W_s}{V_{mb}}$$

$$\text{Rongga udara dalam mineral agregat} = \frac{V_{mb} - V_{sb}}{V_{mb}}$$

$$\text{Rongga dalam campuran} = \frac{V_{mb} - (V_{sb} - V_{ba} + V_b)}{V_{mb}}$$

dimana : W_b = berat aspal
 W_s = berat agregat

2.3.3. SIFAT - SIFAT CAMPURAN

Suatu campuran aspal beton campuran panas harus memiliki sifat atau karakteristik sebagai berikut :

- Stabilitas
- Durabilitas (keawetan)
- Fleksibilitas
- Skid resistance (tahanan geser)
- Kedap air
- Workability (kemudahan pekerjaan)
- Fatigue resistance (ketahanan kelelahan)

2.3.3.1. STABILITAS

Stabilitas lapis perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban di atasnya (beban lalu lintas) tanpa terjadi deformasi (perubahan bentuk) seperti gelombang, alur atau bleeding. Stabilitas suatu perkerasan jalan terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat (kohesi) yang baik dari lapisan aspal. Karena itu stabilitas yang tinggi

dapat diperoleh dengan cara menggunakan bahan campuran yang baik dan sesuai, seperti :

- Agregat dengan gradasi rapat (dense graded)
- Agregat dengan permukaan yang kasar
- Agregat berbentuk kubus
- Aspal dengan penetrasi rendah
- Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

Kebutuhan stabilitas ini sebanding dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Semakin tinggi volume lalu lintas dan beban kendaraannya maka semakin besar stabilitas yang diperlukan. Namun stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak. Hal ini karena volume antar agregat kurang sehingga kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Rendahnya kadar aspal akan menghasilkan film aspal yang tipis sehingga ikatan aspal mudah lepas.

2.3.3.2. DURABILITAS

Durabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menahan disintegrasi akibat cuaca dan lalu lintas. Durabilitas ini terutama dibutuhkan pada lapis permukaan dimana lapisan ini terpengaruh

langsung oleh cuaca, air, perubahan suhu atau keausan akibat gesekan kendaraan.

Durabilitas atau keawetan dari lapis perkerasan dapat ditingkatkan dengan penggunaan gradasi agregat yang rapat, kadar aspal yang tinggi, dan pemadatan yang baik. Penggunaan gradasi yang rapat disertai dengan pemadatan yang baik akan menghasilkan campuran yang padat. Padatnya campuran akan menghindari terkelupasnya aspal akibat pengaruh air. Sedangkan penambahan kadar aspal akan mempertebal film aspal yang melapisi agregat. Film aspal yang lebih tebal akan lebih tahan terhadap proses penuaan. Selain itu penambahan kadar aspal akan mengurangi ukuran rongga dalam campuran atau menyelimuti campuran lebih merata sehingga menjadikan campuran kedap air dan udara. Sulitnya udara masuk kedalam campuran ini akan menghindarkan campuran dari kerapuhan / getas akibat terjadinya oksidasi. Penambahan kadar aspal cenderung menjadi pelumas dari pada menjadi pengikat, sehingga dapat mengurangi stabilitas dalam campuran. Karena itu perlu dipertimbangkan besarnya penambahan kadar aspal agar stabilitas campuran tetap tinggi.

2.3.3.3. FLEKSIBILITAS

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat perulangan beban lalu lintas tanpa adanya retak dan perubahan volume. Deformasi ini biasanya terjadi karena gerakan pondasi atau sugrade akibat penurunan (settlement) terutama pada tanah timbunan.

Fleksibilitas dari campuran dapat ditingkatkan dengan cara penggunaan agregat bergradasi senjang, penggunaan aspal lunak (penetrasi tinggi) serta kadar aspal yang cukup tinggi.

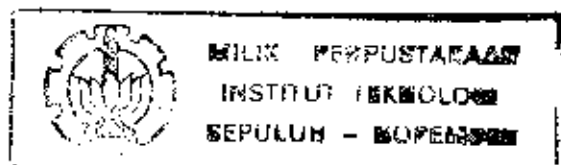
2.3.3.4. SKID RESISTANCE

Ketahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik pada kondisi jalan kering ataupun basah pada saat hujan. Kekesatan ini tergantung dari kekasaran permukaan jalan dan biasanya dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan ban kendaraan.

2.3.3.5. KEDAP AIR

Kedap air adalah ketahanan lapis perkerasan terhadap rembesan air dan udara kedalam perkerasan.

Tugas Akhir



Sifat kedap air ini sangat berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan jalan.

Tahanan geser yang tinggi dapat diusahakan dengan : penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding, penggunaan agregat dengan permukaan kasar dan penggunaan agregat berbentuk kubus

2.3.3.8. WORKABILITY

Kemudahan dalam pelaksanaan adalah kemudahan suatu campuran aspal untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil sesuai dengan kepadatan yang diharapkan. Kadang kadang sifat agregat yang mendukung stabilitas tinggi mengakibatkan campuran aspal yang mengandung agregat ini sulit untuk dihampar atau dipadatkan misalnya penggunaan bahan pengisi (filler).

Kemudahan dalam pelaksanaan ini dapat diusahakan dengan : pemakaian agregat bergradasi baik, pengaturan temperatur campuran sehubungan dengan sifat termoplastis aspal serta penggunaan mesin penghampar dan pemadat.

2.3.3.7. FATIGUE RESISTANCE

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa mengalami kelelahan yang berupa alur dan retak. Ketahanan kelelahan ini sangat dipengaruhi oleh kadar aspal yang dipakai dalam campuran. Semakin tinggi kadar aspal suatu campuran maka semakin tinggi pula ketahanan lelahnya.

2.4. PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA

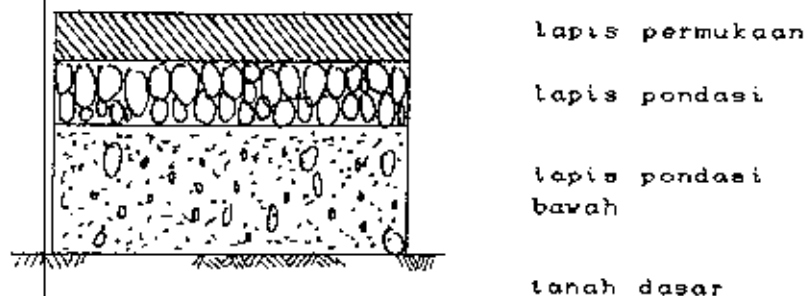
Definisi dari perkerasan jalan adalah suatu lapisan tambahan yang diletakkan diatas jalur jalan tanah, dimana lapisan tambahan tersebut terdiri dari bahan material yang lebih keras / kaku dari tanah dasarnya, dengan tujuan agar jalur jalan tersebut dapat dilalui oleh kendaraan (berat) dalam segala cuaca (Hochtart 1992). Perkerasan lentur jalan raya adalah suatu bentuk perkerasan jalan yang akan melentur bila dibebani dan apabila mendapat beban berulang maka lenturan akan kembali.

Ada beberapa sistim perkerasan lentur jalan mulai dari yang sederhana sampai yang modern yaitu : sistim JAPAT (jalan padat tahan cuaca), sistim Telford,

sistim Mac Adam dan sistim aspal beton modern. Contoh dari sistim aspal beton modern adalah semua jalan yang menggunakan lapisan permukaan dari aspal beton.

2.4.1. STRUKTUR PERKERASAN LENTUR

Perkerasan lentur umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapis dibawahnya. Secara umum perkerasan lentur jalan terdiri atas susunan lapisan mulai dari tanah dasar (subgrade), lapis pondasi bawah (subbase course), lapis pondasi (base course) dan lapis permukaan (surface course).



Gambar 2.2 Struktur perkerasan lentur jalan

2.4.1.1. TANAH DASAR (SUBGRADE)

Tanah dasar merupakan lapisan tanah yang terletak dibawah perkerasan sebagai pendukung perkerasan, dapat berupa tanah asli setempat yang dipadatkan atau tanah

urugan badan jalan yang dipadatkan. Umumnya material tanah urug lebih baik dari tanah aslinya. Sehingga subgrade yang sudah diperbaiki (improved subgrade) tersebut menjadi lebih kokoh dari tanah aslinya.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat sifat dan daya dukung tanah dasar. Karena itu perlu dilakukan pengujian yang baik terhadap tanah dasar ini. Cara yang umum dipakai untuk pengujian tanah dasar adalah cara California Bearing Ratio (CBR), plate loading test dan triaxial test. Penentuan daya dukung tanah dasar berdasarkan evaluasi hasil pemeriksaan laboratorium tidak dapat mencakup secara detail (tempat demi tempat) sifat sifat dan daya dukung tanah dasar sepanjang suatu bagian jalan. Koreksi koreksi perlu dilakukan baik dalam tahap perencanaan detail maupun pelaksanaan, disesuaikan dengan kondisi setempat.

Beberapa persoalan yang menyangkut tanah dasar sehubungan dengan kestabilan konstruksi perkerasan jalan, umumnya meliputi :

- Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas

- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (granular soil) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah persoalan diatas maka dapat dilakukan usaha dengan cara memperbaiki / meningkatkan harga CBR dari subgrade. Perbaikan ini dapat dengan cara stabilisasi kimia, stabilisasi mekanis atau dengan menimbun muka tanah asli dengan bahan timbunan yang lebih baik.

Parameter yang umum digunakan untuk mengukur kualitas tanah dasar baik tanah asli maupun yang sudah diperbaiki adalah kepadatan. Kepadatan tanah dasar

dapat diukur dengan pengujian sand cone method, water ballon method atau nuclear method.

2.4.1.2. LAPIS PONDASI BAWAH (SUBBASE COURSE)

Sebagai bagian dari struktur perkerasan lentur maka lapis pondasi bawah mempunyai fungsi sebagai berikut :

- Mendukung dan menyebarkan beban roda kendaraan ke lapisan dibawahnya.
- Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya.
- Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar. Hal ini karena terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda roda alat alat berat atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Lapis pondasi bawah dapat berupa tanah setempat ($CBR \geq 20\%$, $PI \leq 10\%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar. Campuran tanah setempat dengan kapur atau semen portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dihasilkan bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

2.4.1.3. LAPIS PONDASI (*BASE COURSE*)

Lapis pondasi dari suatu perkerasan lentur mempunyai fungsi, antara lain :

- Menahan dan menyebarkan beban roda ke lapisan dibawahnya.
- Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet. Berbagai macam bahan alam / bahan setempat ($CBR \geq 50\%$, $PI \leq 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah, stabilisasi tanah dengan kapur atau semen.

2.4.1.4. LAPIS PERMUKAAN (*SURFACE COURSE*)

Lapis permukaan dari suatu perkerasan lentur mempunyai fungsi, antara lain :

- Menahan beban roda dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.
- Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan yang digunakan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan yang digunakan untuk lapis pondasi namun peryaratannya lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air.

Selain itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

2.4.2. PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE BINA MARGA

Metode Bina Marga, Indonesia, merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1961. Modifikasi ini dilakukan untuk penyesuaian dengan kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapis perkerasan yang umum dipergunakan di Indonesia. Perencanaan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga tertuang dalam " Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02) ".

Metode analisa komponen menggunakan rumus umum dari AASHTO '72 sebagai berikut :

$$\log W_{t18} = 9.36 \log (ITP+1) - 0.20 + \frac{Gt}{0.4 + \frac{1094}{(ITP+1)^{5.19}}} + \log FR + 0.372 (DDT - 3.0)$$

dimana :

W_{t18} = beban lalu lintas selama umur rencana

atas dasar beban sumbu tunggal 18000 lb yang telah diperhitungkan terhadap faktor regional.

ITP = Indeks Tebal Perkerasan untuk keadaan lingkungan dan daya dukung sesuai lokasi jalan dan indeks permukaan akhir umur rencana yang dipilih.

FR = Faktor Regional yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana jalan tersebut berada.

DDT = Daya Dukung Tanah Dasar yang besarnya merupakan nilai korelasi dengan nilai CBR.

Gt = Fungsi logaritma dari perbandingan antara kehilangan tingkat pelayanan dari $IP=IPo$ sampai $IP=IPt$ dengan kehilangan tingkat pelayanan dari IPo sampai $IP=1.5$.

$$Gt = \log \frac{(IPo - IPt)}{(IPo - 1.5)}$$

IPo = Indeks Permukaan pada awal umur rencana.

I_{Pt} = Indeks Permukaan pada akhir umur rencana.

Kemudian Bina Marga melakukan modifikasi / penyesuaian pada rumus umum diatas, yaitu pada :

- Indeks Permukaan Awal

Lapis permukaan di Indonesia terdiri dari berbagai jenis yang berbeda mutunya satu sama lain. Karena itu I_{Po} tidak dapat dipergunakan hanya satu nilai seperti pada AASHTO.

- Indeks Permukaan Akhir

Bina Marga menggunakan empat nilai sesuai dengan fungsi jalan dan besarnya lintas ekivalen rencana yaitu : I_{Pt} 1; 1.5; 2 dan 2.5. Sedangkan pada perumusan AASHTO digunakan dua nilai yaitu : I_{Pt} 2.0 dan 2.5.

- Faktor Regional

Faktor regional yang dipergunakan oleh AASHTO terutama dipengaruhi oleh adanya empat musim, disamping faktor drainage, muka air tanah, kelandaian jalan, dll. Sedangkan di Indonesia faktor regional dipengaruhi oleh kondisi curah hujan, dimana Indonesia beriklim tropis. Faktor regional yang dipergunakan di Indonesia bervariasi antara 0.5 - 4.0.

2.4.2.1. PARAMETER PERENCANAAN

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Untuk itu dalam perencanaan perlu dipertimbangkan seluruh faktor yang mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi seperti : lalu lintas dan jenis kendaraan, umur rencana, pavement performance, sifat tanah dasar, sifat material yang digunakan, kondisi lingkungan dan lain lain.

2.4.2.1.1. Lalu Lintas dan Jenis Kendaraan

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan oleh beban yang akan diterima, yaitu dari arus lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut. Jumlah kendaraan dinyatakan dalam lalu lintas harian rata rata (LHR) setiap jenis kendaraan yang ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing masing arah pada jalan dengan median, biasanya dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan dua arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau dua arah terpisah.

Adanya perbedaan karakteristik kendaraan menyebabkan perlunya dipertimbangkan besarnya

distribusi kendaraan pada jalur jalan. Didalam perencanaan umumnya dinyatakan dalam jalur rencana, yaitu salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas terbesar. Jika suatu ruas jalan tidak mempunyai tanda batas jalur maka jumlah jalur ditentukan berdasarkan lebar perkerasan seperti dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur (n)
$L < 5.50m$	1 jalur
$5.50m < L < 8.25m$	2 jalur
$8.25m < L < 11.25m$	3 jalur
$11.25m < L < 15.00m$	4 jalur
$15.00m < L < 18.75m$	5 jalur
$18.75m < L < 22.00m$	6 jalur

Besarnya distribusi kendaraan yang lewat pada jalur rencana dipengaruhi oleh jumlah jalur jalan serta jenis kendaraan yang memakai ruas jalan tersebut. Hal ini dinyatakan dalam koefisien distribusi kendaraan seperti dalam Tabel 2.7. Jenis kendaraan dibedakan menjadi kendaraan berat (berat total ≥ 5 ton) seperti: bus, truk, trailler, dll dan kendaraan ringan (berat total < 5 ton) seperti: mobil penumpang, pick up, mobil hantaran, dll.

Tabel 2.7 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Jalur	Kend. Ringan		Kend. Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 jalur	1.00	1.00	1.00	1.00
2 jalur	0.60	0.50	0.70	0.50
3 jalur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 jalur	-	0.30	-	0.45
5 jalur	-	0.25	-	0.425
6 jalur	-	0.20	-	0.40

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan. Besarnya beban yang diterima tersebut tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan, dll. Adanya variasi karakteristik kendaraan menyebabkan variasi beban yang diterima oleh perkerasan jalan. Karena itu efek dari masing masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkannya tidak sama. Untuk mempermudah perhitungan dari variasi tersebut diperlukan suatu beban standard sehingga semua beban lainnya dapat diekivalensikan ke beban standard tersebut.

Beban standard merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 10.000 lb (8.16 ton) dengan tekanan roda 1 ban = 0.55 Mpa, jari jari bidang

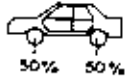
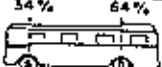


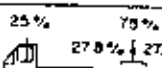
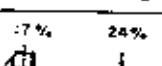
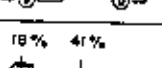
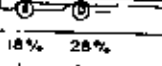
kontak = 110mm serta jarak antara masing masing sumbu roda ganda = 33 cm. Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda diekivalenkan ke beban sumbu standard dengan menggunakan *angka ekivalen beban sumbu (E)*, sebagai berikut :




$$\text{Angka Ekivalen sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{Beban sb. tunggal (kg)}}{8160} \right)^4$$

$$\text{Angka Ekivalen sumbu ganda} = 0.086 \times \left(\frac{\text{Beban satu sb. ganda (kg)}}{8160} \right)^4$$

Angka ekivalen dari suatu beban sumbu kendaraan menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh lintasan beban standard sumbu tunggal 8.16 ton (18.000 lb). Besarnya distribusi beban sumbu dan angka ekivalen untuk beberapa jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Distribusi Beban Sumbu dan Angka Ekvivalen

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1.1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0004	
1.2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1.2L TRUCK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1.2H TRUCK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1.22 TRUCK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1.2+2.2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	4,9283	
1.2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1.2-22 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,163	

 RODA TUNGGAL
 RODA GANDA PADA
 UJUK SUMBU

Kemudian besarnya repetisi lintasan lalu lintas yang menyebabkan kerusakan jalan pada umumnya dinyatakan dalam *Lintas Ekvivalen Rencana*. Lintas ekvivalen rencana menyatakan jumlah lintas ekvivalen

sumbu tunggal standard pada jalur rencana. Lintas ekuivalen rencana dapat dihitung dengan terlebih dahulu mengetahui parameter sebagai berikut :

- Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata rata dari sumbu tunggal standard pada jalur rencana yang diduga terjadi pada awal umur rencana.

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

dimana :

LHR_j = lalu lintas harian rata rata untuk tiap jenis kendaraan (j)

C_j = koefisien distribusi kendaraan untuk tiap jenis kendaraan (j)

E_j = angka ekuivalen tiap jenis kendaraan (j)

j = jenis kendaraan

- Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata rata dari sumbu tunggal standard pada jalur rencana yang diduga pada akhir umur rencana.

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

dimana : i = perkembangan lalu lintas (%)

- Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

Adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata rata dari sumbu tunggal standard pada jalur rencana pada pertengahan umur rencana.

$$LET = (LEP + LEA) / 2$$

Maka lintas ekuivalen rencana (LER) dapat dihitung sebagai berikut :

$$LER = LET \times FP$$

dimana : FP = faktor penyesuaian umur rencana (UR)
yang dihitung dengan rumus :

$$FP = UR / 10$$

2.4.2.1.2. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural. Selama umur rencana, pemeliharaan perkerasan jalan harus tetap dilakukan seperti pelapisan non struktural yang berfungsi sebagai lapis aus.

Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan biasanya diambil 20 tahun.

2.4.2.1.3. Pavement Performance

Keadaan atau penampilan dari perkerasan jalan biasanya dinyatakan dalam *serviceability indeks* atau indeks permukaan. Indeks permukaan ini berupa angka yang menyatakan kerataan, kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Wujud perkerasan dan tingkat pelayanan dari suatu jalan sebenarnya merupakan satu kesatuan yang dapat digambarkan dengan *riding quality* (kenyamanan mengemudi).

Bina Marga memberikan beberapa nilai Indeks Perkerasan sebagai berikut :

- IP = 1.0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan
- IP = 1.5 menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)
- IP = 2.0 menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap
- IP = 2.5 menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana perlu dipertimbangkan faktor faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER) seperti dalam Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana

Lintas Ekuivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	tol
< 10	1.0-1.5	1.5	1.5-2.0	-
10 - 100	1.5	1.5-2.0	2.0	-
100 - 1000	1.5-2.0	2.0	2.0-2.5	-
> 1000	-	2.0-2.5	2.5	2.5

Sedangkan dalam menentukan Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan pada awal umur rencana seperti dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.19 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana

Jenis Lapis Perkerasan	IPI	Roughness (mm/km)
LASTON	> 4	< 1000
LASBUTAG	3.9 - 3.5	> 1000
	3.9 - 3.5	< 2000
H R A	3.4 - 3.0	> 2000
	3.9 - 3.5	< 2000
BURDA	3.4 - 3.0	> 2000
BURTU	3.9 - 3.5	< 2000
LAPEN	3.4 - 3.0	< 2000
	2.9 - 2.5	> 3000
LATASBUM	2.9 - 2.5	
BURAS	2.9 - 2.5	
LATASIR	2.9 - 2.5	
JALAN TANAH	< 2.4	
JALAN KERIKIL	< 2.4	

2.4.2.1.4. Sifat Tanah Dasar

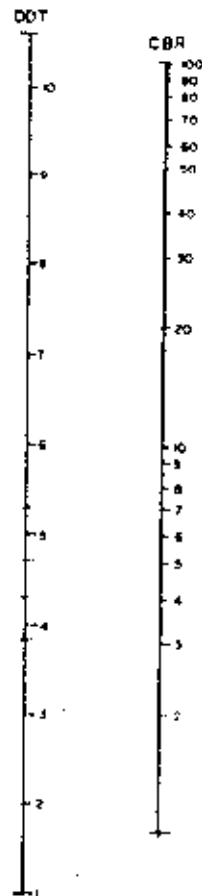
Lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah dimana di atasnya diletakkan lapisan dengan material yang lebih baik. Sifat tanah dasar ini mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan.

Pengujian yang umum dilakukan untuk tanah dasar ini adalah test CBR. CBR ini dapat diperoleh baik dari pengujian contoh tanah di laboratorium ataupun langsung di lapangan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan jalan baru. Sedangkan CBR lapangan dipakai untuk perencanaan lapis tambahan.

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang jika dibandingkan dengan jalan dalam arah melintang. Jalan tersebut dapat saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda beda. Kekuatan tanah dapat bervariasi antara nilai yang baik dengan nilai yang jelek. Untuk pertimbangan ekonomis maka suatu ruas jalan sebaiknya dibagi menjadi segmen segmen jalan, dimana setiap segmen mempunyai daya dukung yang hampir sama. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR pada suatu segmen jalan dapat ditentukan sebagai berikut :

- Tentukan nilai CBR yang terendah
- Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing masing nilai CBR. Kemudian disusun secara tabelaris mulai nilai CBR yang terkecil sampai yang terbesar.
- Angka terbanyak diberi nilai 100% dan angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
- Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%.

Daya dukung tanah (DDT) dapat diperoleh dari grafik korelasi harga CBR pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Korelasi Nilai CBR dan DDT

2.4.2.1.5. Sifat Material Yang Digunakan

Perencanaan tebal perkerasan ditentukan oleh jenis lapis perkerasan. Hal ini sangat dipengaruhi oleh tersedianya material di lokasi dan mutu material tersebut. Didalam perencanaan, mutu bahan yang digunakan untuk lapis perkerasan dinyatakan dengan

koefisien kekuatan relatif (a). Koefisien kekuatan relatif masing masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi dan pondasi bawah ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan distabilisasi dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Besarnya koefisien kekuatan relatif masing masing bahan dapat dilihat pada Tabel 2.11, Tabel 2.12 dan Tabel 2.13.

Tabel 2.11 Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Permukaan

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan MS (kg)	Koefisien Kekuatan Relatif- a
L A S T O N	744	0.40
	590	0.35
	454	0.32
	340	0.30
L A S B U T A G	744	0.35
	590	0.31
	454	0.28
	340	0.26
H R A	340	0.30
ASPAL MACADAM	340	0.26
LAPEN (mekanis)	-	0.25
LAPEN (manual)	-	0.20

Tabel 2.12 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Pondasi

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan			Koefisien Kekuatan Relatif- 82
	MS(kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
Laston Atas	590			0.28
	454			0.26
	340			0.24
Lapen (mekanis)	-	-	-	0.23
Lapen (manual)	-	-	-	0.19
Stabilisasi tanah dg semen		22		0.15
		18		0.13
Stabilisasi tanah dg kapur		22		0.15
		18		0.13
Batu Pecah (A)			100	0.14
Batu Pecah (B)			80	0.13
Batu Pecah (C)			60	0.12

Tabel 2.13 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Pondasi Bawah

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan CBR (%)	Koefisien Kekuatan Relatif- 83
Sirtu / Pitrun (A)	70	0.19
Sirtu / Pitrun (B)	50	0.12
Sirtu / Pitrun (C)	30	0.11
Tanah / Lempung kopasiran	20	0.10

2.4.2.1.6. Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan dimana jalan tersebut dibuat akan mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasarnya, seperti : penurunan tingkat kenyamanan dari perkerasan jalan, pelapukan bahan material, dll. Ada dua komponen utama yang mempengaruhi kondisi lingkungan yaitu : keadaan lapangan dan keadaan iklim. Keadaan lapangan dapat mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainage, bentuk alinyemen jalan serta persentase kendaraan dengan berat ≥ 13 ton. Sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata rata per tahun.

Didalam perencanaan perkerasan jalan, pengaruh kondisi lingkungan ini dimasukkan dalam satu variabel yaitu *Faktor Regional*. Namun didalam "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" Bina Marga menganggap sama pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainage. Jadi dalam penentuan tebal perkerasan, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat, serta iklim (curah hujan) seperti dalam Tabel 2.14.

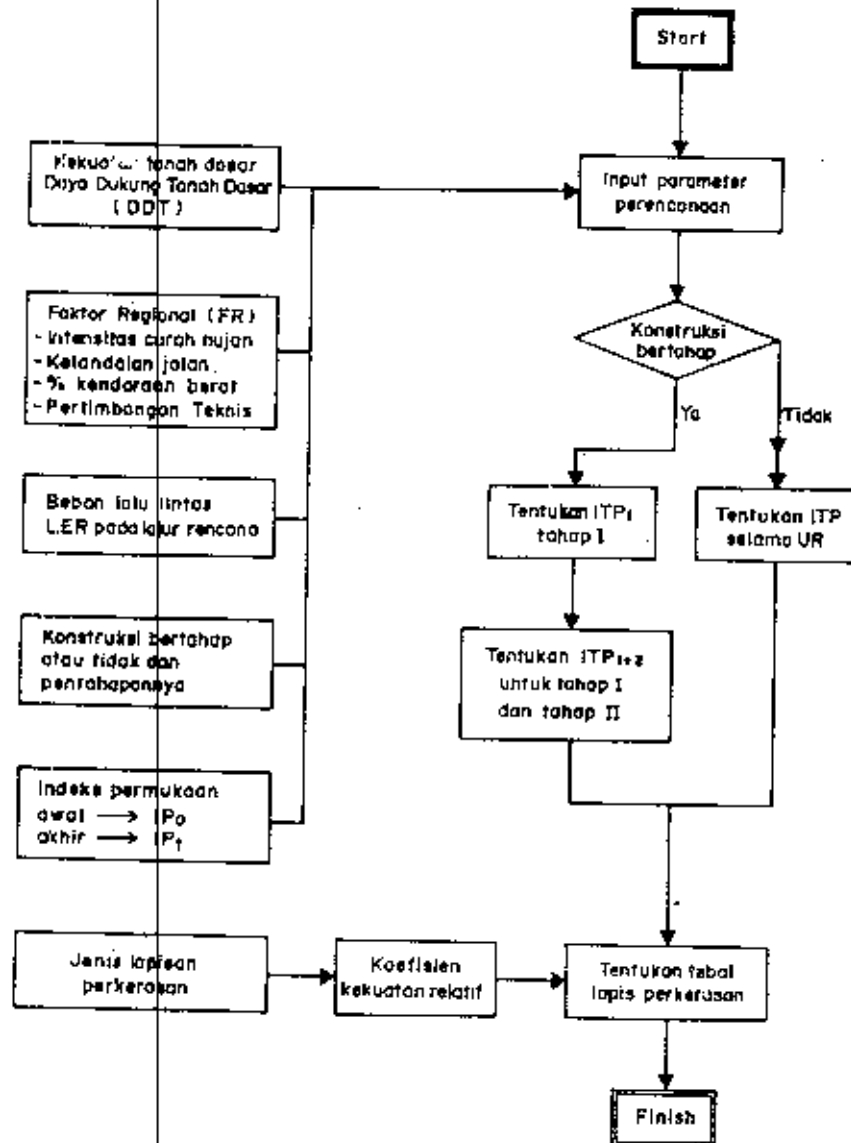
Tabel 2.14 Faktor Regional (FR)

	Kelayakan 1 (< 6%)		Kelayakan 2 (6-10%)		Kelayakan 3 (> 10%)	
	% kend. berat		% kend. berat		% kend. berat	
	< 30%	> 30%	< 30%	> 30%	< 30%	> 30%
IKLIM 1 < 900 mm/th	0.5	1.0-1.5	1.0	1.5-2.0	1.5	2.0-2.5
IKLIM 2 > 900 mm/th	1.5	2.0-2.5	2.0	2.5-3.0	2.5	3.0-3.5

Namun pada bagian bagian jalan tertentu perlu penambahan nilai FR .Seperti pada daerah persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari jari $\leq 30m$) FR ditambah dengan 0.5. Sedangkan pada daerah rawa rawa FR ditambah dengan 1.0.

2.4.2.2. PROSEDUR PERENCANAAN

Secara garis besar prosedur perencanaan tebal perkerasan lentur Bina Marga metode Analisa Komponen SKBI.2.3.26.1987 UDC:625.73(02) dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bagan Alir Perencanaan Bina Marga

Prosedur perencanaan tebal perkerasan lentur

dengan metode Bina Marga ini dapat diurutkan sebagai berikut :

1. Tentukan nilai daya dukung tanah dasar dengan pengujian CBR.
2. Tentukan nilai CBR segmen dengan memperhatikan nilai CBR yang diperoleh, keadaan lingkungan, jenis dan kondisi tanah dasar disepanjang jalan.
3. Tentukan nilai daya dukung tanah dasar (DDT) dari setiap nilai CBR segmen dengan menggunakan korelasi pada Gambar 2.3
4. Tentukan umur rencana (UR) dari jalan yang hendak direncanakan.
5. Tentukan faktor pertumbuhan lalu lintas selama masa pelaksanaan dan selama umur rencana.
6. Tentukan besarnya faktor regional (FR) sesuai dengan kondisi lingkungan seperti kondisi persimpangan yang ramai, keadaan medan serta pertimbangan teknis.
7. Tentukan lintas ekuivalen rencana (LER) berdasarkan lintas ekuivalen permulaan , lintas ekuivalen akhir dan umur rencana.
8. Tentukan Indeks Permukaan Awal (IPO) berdasarkan jenis lapis permukaan yang akan dipergunakan,

sesuai dengan Tabel 2.10

9. Tentukan Indeks Permukaan Akhir (IPT) dari perkerasan rencana sesuai dengan Tabel 2.9.
10. Tentukan indeks tebal perkerasan (ITP) dengan menggunakan nomogram (Lampiran A) yang merupakan korelasi nilai ITP dari nilai daya dukung tanah dasar (DDT), lintas ekuivalen rencana (LER) dan faktor regional (FR).
11. Tentukan jenis lapisan perkerasan yang akan digunakan. Pemilihan jenis lapisan ini tergantung dari material yang tersedia, dana awal yang tersedia, tenaga kerja dan peralatan yang tersedia dan fungsi jalan.
12. Tentukan koefisien kekuatan relatif (a) dari setiap jenis lapis perkerasan yang dipilih seperti dalam Tabel 2.11, 2.12, dan 2.13.
13. Kemudian tentukan tebal masing masing lapisan (dalam cm) dengan menggunakan persamaan :

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

dimana : a_1, a_2 dan a_3 adalah kekuatan relatif bahan

D_1, D_2 dan D_3 adalah tebal masing masing lapisan (cm). D_1 untuk lapis permukaan,

D₂ untuk lapis pondasi atas dan D₃ untuk lapis pondasi bawah.

Perkiraan besarnya ketebalan masing masing jenis lapisan perkerasan ini tergantung dari nilai minimum yang telah diberikan oleh Bina Marga. Tebal minimum dari masing-masing jenis lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.15 untuk lapis permukaan dan Tabel 2.16 untuk lapis pondasi atas. Kemudian perlu dikontrol besarnya tebal masing masing lapisan terhadap nilai ITP yang bersangkutan.

Tabel 2.15 Tebal minimum Lapis Permukaan

B A H A N	Tebal minimum (cm)	ITP
-Lapis pelindung (Buras/Bur tu/Burda)	5	< 3.00
-Lapen/Aspal Macadam, HRA, Las butag, Laston	5	3.00-6.70
-Lapen/Aspal Macadam, HRA, Las butag, Laston	7.5	6.71-7.49
-Lasbutag, Laston	7.5	7.50-9.99
-Laston	10	> 10.00

Tabel 2.16 Tebal minimum Lapis Pondasi Atas

B A H A N	Tebal minimum (cm)	IPT
-Batu pecah, Stabilisasi tanah dg. semen, Stabilisasi tanah dg. kapur	15	< 3.0
-Batu pecah, Stabilisasi tanah dg. semen, Stabilisasi tanah dg. kapur	20	3.00-7.49
-Laston Atas	10	3.00-7.49
-Batu pecah, Stabilisasi tanah dg. semen, Stabilisasi tanah dg. kapur, Pondasi Macadam	20	7.50-9.99
-Laston Atas	15	7.50-9.99
-Batu pecah, Stabilisasi tanah dg. semen, Stabilisasi tanah dg. kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston atas	20	10-12.14
-Batu pecah, Stabilisasi tanah dg. semen, Stabilisasi tanah dg. kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston atas	25	> 12.24

Sedangkan untuk lapis pondasi bawah disyaratkan tebalnya minimum 10 cm untuk setiap nilai IPT.

BAB III

PENGUJIAN DI LABORATORIUM

- Aspal emulsi (Emulsified Asphalt)

Aspal emulsi adalah aspal yang berbentuk cair pada temperatur ruang serta menggunakan bahan pengencer air. Ditinjau dari muatan listrik yang dikandungnya aspal emulsi dibedakan atas : kationik, anionik dan nonionik. Sedangkan berdasarkan kecepatan pengerasannya aspal emulsi dapat dibagi menjadi : rapid setting, medium setting dan slow setting.

- Tar (Ter)

Tar adalah bahan bitumen yang diperoleh dari hasil penyulingan batu bara. Bahan ini jarang digunakan untuk bahan perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras dan peka terhadap perubahan temperatur serta beracun.

2.2.2. SIFAT ASPAL

Sebagai salah satu bahan penting dalam konstruksi perkerasan lentur jalan aspal dapat mempunyai fungsi sebagai *bahan pengikat*, yaitu memberikan ikatan yang kuat antara aspal itu sendiri serta antara aspal dengan agregat. Sehingga dengan adanya ikatan tersebut akan dihasilkan suatu konstruksi perkerasan yang mampu menahan deformasi yang timbul akibat beban roda kendaraan. Fungsi lain dari aspal didalam konstruksi

BAB III

PENGUJIAN DI LABORATORIUM

3.1. URUTAN PELAKSANAAN

Pelaksanaan pengujian di laboratorium dilakukan melalui tahapan pengujian bahan, perencanaan komposisi campuran, pembuatan benda uji dan pengujian campuran (benda uji) dengan test Marshall. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan agregat/material sebagai bahan campuran aspal beton ditinjau dari segi teknis.

3.1.1. PENGUJIAN BAHAN

Bahan-bahan utama dalam studi ini yang memerlukan pengujian di laboratorium adalah :

- Agregat Batu Kapur Madura, terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan mineral filler. Selanjutnya agregat ini disebut *Agregat A*
 - Agregat dari Pandaan Jawa Timur, terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan mineral filler. Selanjutnya agregat ini disebut *Agregat B*
- Agregat ini merupakan pembanding didalam analisa biaya yang akan dilakukan kemudian.
- Aspal cement penetrasi 60/70

Yaitu digunakan dalam pembuatan benda uji aspal beton.

Cara pengujian terhadap masing masing bahan tersebut telah dijelaskan didalam Bab 2 (sesuai dengan Manual Pemeriksaan Bahan Jalan dari Direktorat Jenderal Bina Marga).

3.1.2. PERENCANAAN KOMPOSISI CAMPURAN

Perencanaan komposisi campuran dilakukan untuk mengetahui/menentukan prosentase kadar aspal dan agregat yang akan dipakai dalam campuran aspal beton. Besarnya prosentase kadar aspal yang akan digunakan dalam campuran ditentukan mulai dari 4% - 6% dari berat total campuran, yaitu tiap kelipatan 0.5%. Sedangkan besarnya prosentase agregat ditentukan berdasarkan diagram pembagian butir bahan mineral yang memenuhi spesifikasi Bina Marga didalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13 PT/B/1983. Dalam Tugas Akhir ini ditentukan No.Campuran X sebagai spec agregat yang akan digunakan dalam campuran. Spesifikasi ini bergradasi rapat, yaitu dinyatakan dalam prosentase berat agregat yang lewat saringan sebagai berikut :

Ukuran saringan (mm)	% Berat yang lewat
25.4	100

19.1	95 - 100
12.7	-
9.52	56 - 78
4.76	38 - 60
2.38	27 - 47
0.58	13 - 28
0.279	8 - 20
0.149	-
0.074	4 - 8

Komposisi agregat diambil dari nilai tengah spesifikasi diatas dengan tujuan untuk menghindari keluarnya komposisi agregat dari spec apabila terjadi ketidak telitian dalam pelaksanaan.

Komposisi campuran dibuat untuk mendapatkan benda uji seberat ± 1200 gr, diameter 10 cm dan tinggi ± 63.5 mm. Dalam Tugas Akhir ini dibuat dua macam komposisi campuran yaitu : *komposisi campuran A* untuk campuran dengan material batu kapur Madura dan *komposisi campuran B* untuk campuran dengan material dari Pandaan, seperti dalam Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

3.1.3. PEMBUATAN BENDA UJI

Untuk setiap jenis campuran dan tiap macam kadar aspal dibuat dua buah benda uji. Pelaksanaan pembuatan

benda uji dilakukan berdasarkan Manual Pemeriksaan Bahan Jalan (MPBJ) PC-0201-76 sebagai berikut :

- Agregat dan aspal disiapkan sesuai dengan prosentase yang telah ditentukan, seperti dalam Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.
- Kemudian agregat dipanaskan sampai mencapai suhu 145°C dan aspal dipanaskan sampai suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
- Aspal yang telah dipanaskan tersebut dicampur dengan agregat panas. Kemudian diaduk hingga merata sambil dipanaskan sampai mencapai suhu pengadukan 160°C .
- Setelah itu campuran dimasukkan kedalam cetakan an dirojok 25 kali, yaitu 15 kali di bagian pinggir dan 10 kali di bagian tengah.
- Cetakan diletakkan diatas landasan dan benda uji dipadatkan sebanyak 2×75 tumbukan (75 kali tumbukan untuk masing masing sisi permukaan).
- Benda uji yang telah dipadatkan tersebut dikeluarkan dan dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang.

Didalam studi ini dilakukan beberapa variasi perendaman terhadap benda uji sebelum pengujian dengan Test Marshall, yaitu perendaman 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 7

hari. Variasi perendaman ini dilakukan untuk mengetahui (secara pendekatan) pengaruh air terhadap stabilitas campuran.

3.1.4. PENGUJIAN CAMPURAN DENGAN TEST MARSHALL

Pengujian campuran dengan test marshall ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat sifat campuran seperti stabilitas, flow, persen rongga terhadap batuan, persen rongga terhadap campuran dan persen rongga terisi aspal, yang dibutuhkan untuk menentukan kadar aspal optimum campuran.

Cara pengujian benda uji dengan test Marshall ini juga mengikuti prosedur MPBJ PC 0201-76, sebagai berikut :

- Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel. Kemudian diberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji.
- Tinggi benda uji diukur dengan ketelitian 0.1mm dan ditimbang.
- Kemudian benda uji direndam pada suhu ruang selama kira kira 24 jam atau sesuai dengan waktu perendaman yang telah ditentukan.
- Benda uji ditimbang didalam air untuk mendapatkan isi.

- Kemudian setelah dikeluarkan dari air, timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh.
- Sebelum pembebanan diberikan benda uji direndam dalam bak perendam selama 30-40 menit pada suhu 60°C .
- Kemudian pembebanan diberikan pada benda uji melalui alat tekan sampai pembebanan maksimum tercapai. Waktu yang dibutuhkan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh lebih dari 30 detik.

3.2. HASIL PENGUJIAN

Hasil pengujian di laboratorium dapat dikelompokkan dalam tiga bagian yaitu : hasil pengujian agregat, hasil pengujian aspal dan hasil pengujian campuran aspal beton.

3.2.1. HASIL PENGUJIAN AGREGAT

Ringkasan hasil pengujian agregat meliputi hasil pengujian terhadap agregat kasar, agregat halus dan mineral filler. Ketiga macam agregat ini dibedakan berdasarkan ukurannya sebagai berikut :

- Agregat kasar, meliputi semua material yang tertahan saringan No.8 (2.36 mm)

- Agregat halus, meliputi semua material yang lolos saringan No.8 dan tertahan saringan NO.200
- Mineral filler, meliputi semua material yang lolos saringan No.200

Tabel 3.1 Komposisi Campuran A

Berat contoh (gr)			1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
Kadar aspal (%)			4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Berat aspal (gr)			48.00	54.00	60.00	66.00	72.00
Berat agregat (gr)			1152.00	1146.00	1140.00	1134.00	1128.00
Saringan							
Lolos	Tertahan	%					
1"	3/4"	2.5	28.8	28.7	28.5	28.4	28.2
3/4"	3/8"	30.5	351.4	349.5	347.7	345.9	344.0
3/8"	# 4	18.0	207.4	206.3	205.2	204.1	203.0
# 4	# 8	12.0	138.2	137.5	136.8	136.1	135.4
# 8	# 30	16.5	190.1	189.1	188.1	187.1	186.1
# 30	# 50	6.0	69.1	68.8	68.4	68.0	67.7
# 50	# 200	8.5	97.9	97.4	96.9	96.4	95.9
# 200	Pan	6.0	69.1	68.8	68.4	68.0	67.7

Didalam studi ini dilakukan pengujian terhadap dua jenis agregat yaitu batu kapur dari Madura yang selanjutnya disebut *Agregat A*, dan agregat dari Pandaan sebagai pembanding yang selanjutnya disebut *Agregat B*. Hasil pengujian dari masing-masing agregat ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 sampai dengan Tabel 3.8.

Tabel 3.1 Komposisi Campuran B

Berat contoh (gr)	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
Kadar aspal (%)	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Berat aspal (gr)	48.00	54.00	60.00	66.00	72.00
Berat agregat (gr)	1152.00	1146.00	1140.00	1134.00	1128.00
Saringan					
Lolos	Tertahan	%			
1"	3/4"	2.5	28.8	28.7	28.5
3/4"	3/8"	30.5	351.4	349.5	347.7
3/8"	# 4	18.0	207.4	206.3	205.2
# 4	# 8	12.0	138.2	137.5	136.8
# 8	# 30	16.5	190.1	189.1	188.1
# 30	# 50	6.0	69.1	68.8	68.4
# 50	# 200	8.5	97.9	97.4	96.9
# 200	Pass	6.0	69.1	68.8	68.4

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Agregat A (kasar)

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil
1. Gradasi	PB. 0201-76	
2. Kekerasan	PB. 0206-76	34.16%
3. Kelekatan thd. aspal	PB. 0205-76	96%
4. Indeks kepipihan	BS. 812-1967	13%
5. Bentuk butir	Visual	>50%
6. Absorpsi	PB. 0202-76	1.42%
7. Berat jenis semu	PB. 0202-76	2.657
8. Gumpalan lempung	AASHTO T 112	0.395%
9. Bagian batu yg. lunak	AASHTO T 150	1.397%

Koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc) dihitung berdasarkan analisa saringan masing masing campuran. Hasil perhitungan kedua koefisien tersebut memberikan nilai sebagai berikut :

- Campuran A : Cu = 56.18
Cc = 1.739
- Campuran B : Cu = 56.18
Cc = 1.739

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Agregat B (kasar)

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil
1. Gradasi	PB. 0201-76	
2. Kekerasan	PB. 0206-76	26.7%
3. Kelekatan tld. aspal	PE. 0205-76	98.0%
4. Indeks kepipihan	BS. 812-1967	10.4%
5. Bentuk butir	Visual	>50%
6. Absorpsi	PB. 0202-76	1.38%
7. Berat jenis semu	PB. 0202-76	2.732
8. Gumpalan lempung	AASHTO T 112	0.245%
9. Bagian batu yg. lunak	AASHTO T 150	0.946%

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Agregat A (halus)

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil
1. Bentuk bulir	Visual	sama
2. Nilai Sand Equivalent	AASHTO T 176	81.94%
3. Berat Jenis semu	PB. 0202-76	2.716
4. Absorpsi	PB. 0202-76	2.93%

Tabel 3.6 Hasil Pengujian Agregat B (halus)

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil
1. Bentuk bulir	Visual	sama
2. Nilai Sand Equivalent	AASHTO T 176	99.4%
3. Berat Jenis semu	PB. 0202-76	2.72
4. Absorpsi	PB. 0202-76	2.67

Tabel 3.7 Hasil Pengujian Agregat A (filler)

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil
1. Gradasi Ukuran saringan : No. 90 No. 50 No. 100 No. 200	PB. 0201-76	lolos 100% 100% 100% 100%
2. Kadar air		kering
3. Kebersihan		bersih

3.2.2. HASIL PENGUJIAN ASPAL

Dalam studi ini ditentukan hanya memakai aspal semen penetrasi 60/70. Pengujian aspal dilakukan untuk mengetahui kelayakan pemakaian aspal tersebut sebagai bahan campuran aspal beton ditinjau dari segi teknis.

Selengkapnya hasil pengujian aspal yang dilakukan berdasarkan petunjuk Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Pemeriksaan Bahan Jalan dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.8 Hasil Pengujian Agregat B (filler)

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil
1. Gradasi Ukuran saringan : No. 30 No. 50 No. 100 No. 200	PB.0201-76	lolos 100% 100% 100% 100%
2. Kadar air		kering
3. Kebersihan		bersih

Hasil pengujian aspal tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Hasil Pengujian Aspal Semen Pen 60/70

Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil
1. Penetrasi	PA.0301-76	64.85
2. Titik Lembek	PA.0302-76	52 ° C
3. Titik Nyala	PA.0303-76	321 ° C
4. Kehilangan Berat	PA.0304-76	0.358%
5. Kelarutan dalam CCl ₄	PA.0305-76	99.5%
6. Daktilitas	PA.0306-76	136.5cm
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	PA.0301-76	55.5
8. Berat Jenis	PA.0307-76	1.036g/cc

3.2.3. HASIL PENGUJIAN CAMPURAN

Pelaksanaan pengujian campuran dengan test Marshall dilakukan dengan cara penimbangan dan pembebanan benda uji. Penimbangan dilakukan untuk mendapatkan nilai rongga dalam campuran, rongga terisi aspal dan kepadatan. Sedangkan pembebanan dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas, flow dan Marshall Qoutient. Hasil pengujian campuran dengan test Marshall dapat dilihat dari Tabel 3.10 sampai 3.18.

Tabel 3.10 Hasil Pengujian Campuran A

(perendaman 1 hari)

Kadar aspal (%)	Kepa datan (gr/cc)	Rongga da lam Campu ran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabi litas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.347 2.295	7.03 9.11	54.44 49.29	806.4 811.8	2.1 1.9	3.76 4.19
4.5	2.372 2.314	5.32 7.67	59.83 59.70	945.3 822.7	2.9 2.4	3.20 3.36
5.0	2.409 2.388	3.17 4.01	67.32 69.16	1041.5 1045.5	2.7 2.9	3.78 3.53
5.5	2.405 2.372	2.64 3.98	78.57 77.13	1192.8 1193.9	3.9 4.6	3.00 2.54
6.0	2.401 2.370	2.05 3.33	80.05 82.73	1093.1 999.3	4.2 4.0	2.55 2.45

Tabel 3.11 Hasil Pengujian Campuran A
(perendaman 2 hari)

Kadar aspal (%)	Kepa- datan (gr/cc)	Rongga da- lam Campu- ran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabi- litas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.339	7.35	55.06	799.1	2.0	3.92
	2.301	8.87	50.00	723.0	2.0	3.54
4.5	2.354	6.07	62.71	870.8	1.9	4.49
	2.313	7.69	61.56	814.9	2.1	3.80
5.0	2.352	3.89	69.51	850.9	2.8	2.98
	2.355	5.33	71.03	903.7	2.6	3.41
5.5	2.417	2.15	80.75	1058.7	3.3	3.15
	2.377	3.76	78.08	1114.7	3.7	2.95
6.0	2.403	1.97	83.51	1012.5	3.9	2.55
	2.368	3.41	80.06	979.5	4.1	2.34

Tabel 3.13 Hasil Pengujian Campuran A
(perendaman 7 hari)

Kadar aspal (%)	Kepadatan (gr/cc)	Rongga dalam Campuran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.304	8.76	50.89	662.8	2.2	2.95
	2.325	7.93	53.11	688.1	2.4	2.81
4.5	2.355	6.03	62.87	742.1	2.9	2.51
	2.334	6.87	59.58	672.3	2.8	2.35
5.0	2.383	4.22	73.18	817.9	3.1	2.59
	2.389	3.94	74.37	827.8	3.2	2.54
5.5	2.373	3.91	76.30	870.7	4.0	2.13
	2.385	3.41	78.69	854.2	3.8	2.20
6.0	2.364	3.57	79.28	761.8	4.6	1.62
	2.383	2.78	83.13	781.6	4.4	1.74

Tabel 3.14 Hasil Pengujian Campuran B
(perendaman 1 hari)

Kadar aspal (%)	Kepa datan (gr/cc)	Rongga dalam Campuran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.370	7.21	55.96	1332.4	2.2	5.94
	2.330	8.77	50.60	1262.1	2.0	6.19
4.5	2.382	6.03	63.20	1395.1	2.5	5.38
	2.361	6.86	59.95	1303.9	2.3	6.41
5.0	2.396	4.76	73.85	1804.1	2.4	7.37
	2.379	5.44	67.90	1886.5	2.7	6.85
5.5	2.395	4.07	79.72	1972.2	3.2	6.04
	2.404	3.73	77.45	1988.7	3.1	6.30
6.0	2.387	3.67	83.95	1889.8	3.9	4.75
	2.392	3.46	82.91	1853.5	4.0	4.54

Tabel 3.15 Hasil Pengujian Campuran B
(perendaman 2 hari)

Kadar aspal (%)	Kepa datan (gr/cc)	Rongga dalam Campuran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.322 2.326	9.05 8.91	49.68 50.16	1236.8 1211.4	2.0 2.9	6.06 5.16
4.5	2.352 2.337	7.22 7.83	58.64 56.56	1388.5 1303.4	2.5 2.7	5.45 4.73
5.0	2.408 2.381	4.29 5.36	73.11 68.24	1742.1 1771.0	3.2 3.0	5.34 5.79
5.5	2.404 2.398	3.72 3.95	77.45 76.29	1902.9 1810.6	3.7 3.4	5.04 5.22
6.0	2.403 2.396	2.99 3.27	82.08 80.69	1724.9 1780.9	4.1 3.9	4.17 4.48

Tabel 3.16 Hasil Pengujian Campuran B
(perendaman 3 hari)

Kadar aspal (%)	Kepa- dalan (gr/cc)	Rongga da- lam Campu- ran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabi- litas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.329 2.346	8.79 8.13	50.52 52.66	1246.3 1205.0	2.2 2.3	5.55 5.14
4.5	2.349 2.359	7.32 6.93	62.22 60.66	1331.9 1315.9	2.7 2.5	4.84 5.16
5.0	2.373 2.410	5.67 4.21	71.90 78.08	1698.5 1797.4	2.5 2.8	6.62 6.29
5.5	2.399 2.400	3.89 3.87	76.48 81.67	1767.7 1918.4	3.2 3.0	5.42 6.27
6.0	2.393 2.394	3.42 3.37	83.97 85.30	1744.6 1738.1	4.1 3.9	4.17 4.37

Tabel 3.17 Hasil Pengujian Campuran B
(perendaman 7 hari)

Kadar aspal (%)	Kepadatan (gr/cc)	Rongga dalam Campuran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.339 2.391	8.41 8.73	51.76 50.76	1163.8 1198.7	2.3 2.2	4.96 5.34
4.5	2.375 2.357	6.28 7.03	62.10 59.59	1289.5 1266.4	2.8 2.6	4.52 3.10
5.0	2.396 2.385	4.75 5.21	73.88 71.93	1279.6 1358.9	3.2 3.3	3.92 4.04
5.5	2.397 2.402	3.97 3.82	80.10 79.06	1496.7 1538.2	3.6 3.3	4.08 4.57
6.0	2.388 2.393	3.61 3.43	83.15 85.11	1381.9 1424.7	4.2 4.1	3.23 3.41

Tugas Akhir



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

Tabel 3.12 Hasil Pengujian Campuran A
(perendaman 3 hari)

Kadar aspal (%)	Kepa dalam (gr/cc)	Rongga dalam Campuran (%)	Rongga terisi aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kN/mm)
4.0	2.318 2.331	8.21 7.68	56.39 53.93	748.4 706.8	2.6 2.7	2.82 2.57
4.5	2.351 2.333	6.17 6.91	63.11 61.43	894.4 789.6	2.2 2.9	3.72 2.67
5.0	2.374 2.381	5.55 4.31	78.79 72.78	860.8 887.2	2.8 3.1	3.01 2.81
5.5	2.377 2.375	8.76 3.83	74.87 77.69	1005.9 969.6	3.4 3.6	2.90 2.64
6.0	2.371 2.379	3.28 2.96	81.38 82.29	959.7 943.2	4.3 4.1	2.19 2.26

BAB IV

ANALISA HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM

4.1. ANALISA HASIL PENGUJIAN AGREGAT

Secara umum hasil pengujian batu kapur Madura sebagai bagian pokok dari studi ini dan agregat dari Pandaan Pasuruan sebagai material pembanding cukup memenuhi syarat sebagai agregat aspal beton. Walaupun pada beberapa bagian pengujian menunjukkan hasil yang tidak sesuai dengan spesifikasi dari Bina Marga atau mendekati syarat batas maksimum atau minimum, namun diharapkan akan tetap memberikan hasil yang cukup memuaskan pada campurannya. Selengkapanya analisa hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.6.

Hasil pengujian gradasi yang ditunjukkan dengan koefisien gradasi (C_c) dan koefisien keseragaman (C_u) menyatakan bahwa baik campuran A maupun campuran B yang menggunakan spesifikasi campuran No.X merupakan campuran yang bergradasi baik (well graded). Sehingga diharapkan dengan gradasi tersebut akan dihasilkan suatu campuran yang benar-benar padat dan kedap air sebagai bahan lapis permukaan.

Tabel 4.1 Analisa Hasil Pengujian Agregat A (kasar)

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan	Keterangan
1. Gradasi			
2. Kekerasan	34.16%	maks. 40%	memenuhi
3. Kelekatan terhadap aspal	96%	min. 95%	memenuhi
4. Indeks kepipihan	13%	maks. 25%	memenuhi
5. Bentuk butir	> 50%	min. 50%	memenuhi
6. Absorpsi	1.42%	maks. 3%	memenuhi
7. Berat Jenis Semu	2.657	min. 2.5	memenuhi
8. Gumpalan lempung	0.395%	maks. 0.25%	tidak memenuhi
9. Bagian batu yang lunak	1.397%	maks. 5%	memenuhi

Gumpalan lempung pada agregat kasar batu kapur Madura ini melebihi syarat maksimum yang ditetapkan oleh Bina Marga. Besarnya gumpalan lempung ini dapat mempengaruhi kelekatan aspal pada agregat. Untuk mengatasi besarnya gumpalan lempung dapat dilakukan pembersihan atau penyiraman agregat sebelum digunakan dalam campuran.

Tabel 4.2 Analisa Hasil Pengujian Agregat B (kasar)

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan	Keterangan
1. Gradasi			
2. Kekerasan	26.70%	maks. 40%	memenuhi
3. Kelekatan terhadap aspal	98%	min. 95%	memenuhi
4. Indeks kepipihan	10.4%	maks. 25%	memenuhi
5. Bentuk butir	> 50%	min. 50%	memenuhi
6. Absorpsi	1.38%	maks. 3%	memenuhi
7. Berat Jenis Semu	2.732	min. 2.5	memenuhi
8. Gumpalan lempung	0.245%	maks. 0.25%	memenuhi
9. Bagian batu yang lunak	0.945%	maks. 5%	memenuhi

Tabel 4.3 Analisa Hasil Pengujian Agregat A (halus)

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan	Keterangan
1. Bentuk butir	sama	Sudut tajam, bid. kasar	memenuhi
2. Sand Equivalent	81.94%	min. 50%	memenuhi
3. Berat Jenis Semu	2.716	min. 2.5	memenuhi
4. Absorpsi	2.93%	maks. 3%	memenuhi

Tabel 4.6 Analisa Hasil Pengujian Agregat B (filler)

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan	Keterangan
1. Gradasi % lolos saringan berat			
# 30	100%	100%	memenuhi
# 50	100%	95 - 100%	memenuhi
# 100	100%	90 - 100%	memenuhi
# 200	100%	70 - 100%	memenuhi
2. Kadar air	kering	maks. 1%	memenuhi
3. Kebersihan	bersih	bebas kotoran yang tidak baik	memenuhi

Absorpsi pada hasil pengujian agregat halus batuan kapur Madura mendekati syarat maksimum yang diijinkan oleh Bina Marga. Tentunya hal ini akan berpengaruh pada jumlah aspal yang diperlukan akibat penyerapan agregat yang cukup besar. Pengaruh penyerapan yang cukup besar ini dapat dikurangi dengan cara mengurangi / memperkecil prosentase pemakaian agregat halus.

4.2. ANALISA HASIL PENGUJIAN ASPAL

Demikian juga dengan hasil pengujian aspal semen penetrasi 60/70 yang akan dipakai dalam studi ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal tersebut

memenuhi persyaratan teknis sebagai bahan bitumen dalam campuran aspal beton sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Selanjutnya analisa hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Analisa Hasil Pengujian Aspal Semen Pen 60/70

Jenis Pengujian	Hasil	Persyaratan		Keterangan
		Min	Maks	
1. Penetrasi	64.85	60	79	memenuhi
2. Titik Lembek	52 °C	48 °C	58 °C	memenuhi
3. Titik Nyala	321 °C	200 °C	-	memenuhi
4. Kehilangan berat	0.358%	-	0.4%	memenuhi
5. Kelarutan dalam CCl ₄	99.5%	99%	-	memenuhi
6. Daktilitas	136.5cm	100cm	-	memenuhi
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	55.5	48.64	-	memenuhi
8. Berat Jenis	1.036	1gr/cc	-	memenuhi

4.3. ANALISA HASIL PENGUJIAN CAMPURAN ASPAL BETON

Pengujian campuran aspal beton baik melalui penimbangan ataupun pembebanan dilakukan dengan

menggunakan metode Marshall. Analisa hasil pengujian campuran ini dilakukan dengan membuat grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan parameter-parameter hasil pengujian Marshall, yaitu : kepadatan, persen rongga dalam campuran, persen rongga terisi aspal, stabilitas, flow dan Marshall Quotient.

4.3.1. KEPADATAN (DENSITY)

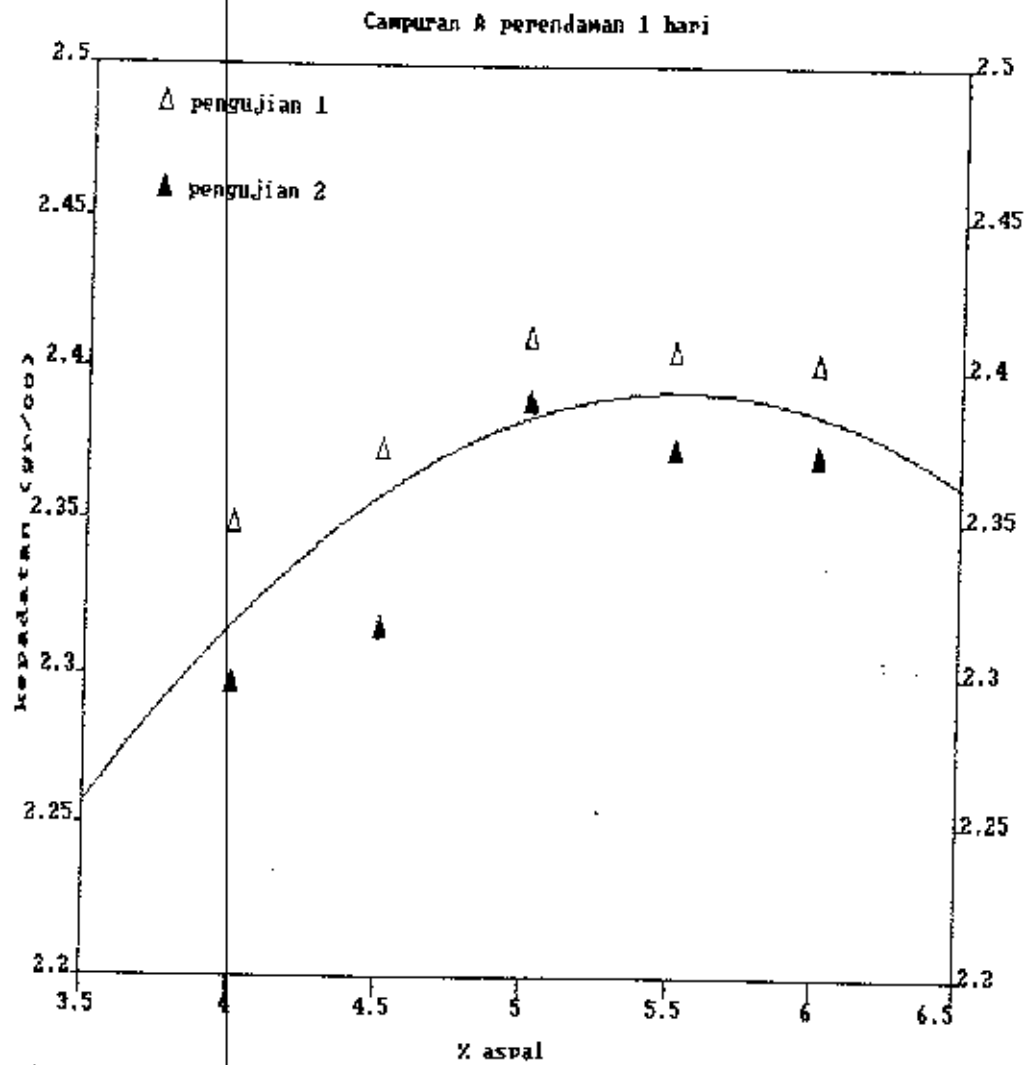
Kepadatan dari suatu campuran sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal yang dipergunakan serta cara pelaksanaan pemadatan benda uji tersebut. Besarnya kepadatan akan semakin tinggi dengan semakin baiknya gradasi agregat yang dipergunakan. Agregat yang bergradasi baik akan menghasilkan kepadatan yang lebih tinggi dari pada agregat yang bergradasi tipang. Demikian juga dengan jumlah penambahan kadar aspal didalam campuran. Penambahan kadar aspal didalam campuran akan meningkatkan besarnya kepadatan campuran. Namun penambahan kadar aspal yang melampaui kadar aspal optimumnya justru akan menurunkan besarnya kepadatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baik campuran A maupun campuran B memenuhi syarat kepadatan yaitu lebih

besar dari 2 gr/cc seperti yang ditetapkan oleh Bina Marga.

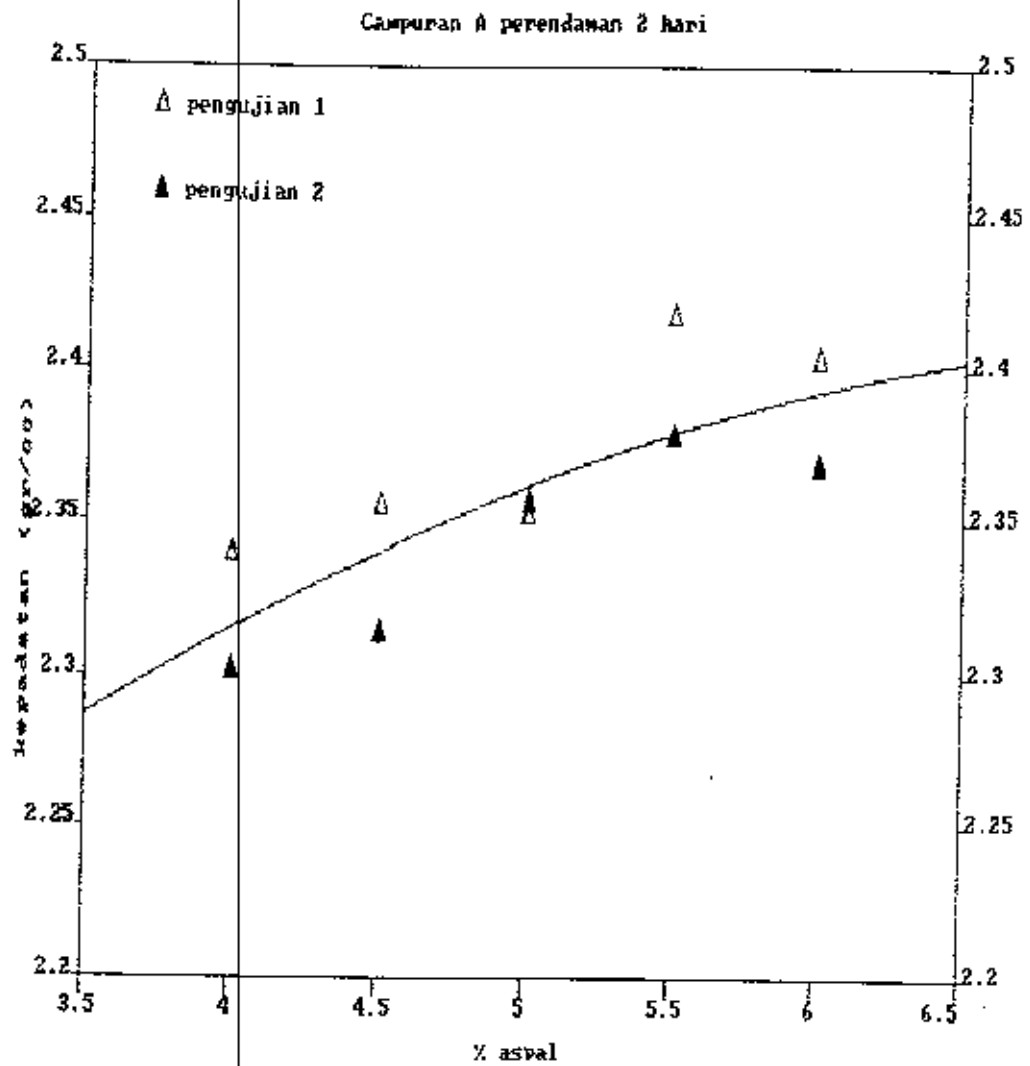
Dari Gambar 4.1 sampai 4.8 dapat diketahui bahwa variasi perendaman yang dilakukan ternyata kecil pengaruhnya terhadap hasil perhitungan kepadatan campuran. Hal ini karena perhitungan kepadatan campuran sangat tergantung dari ketelitian perhitungan (melalui penimbangan) berat dan volume campuran. Dimana perendaman yang dilakukan hampir tidak mempengaruhi perubahan berat campuran. Kecilnya pengaruh perendaman terhadap perhitungan kepadatan campuran menunjukkan bahwa campuran tersebut cukup kedap air.

4.3.2. RONGGA DALAM CAMPURAN (%)

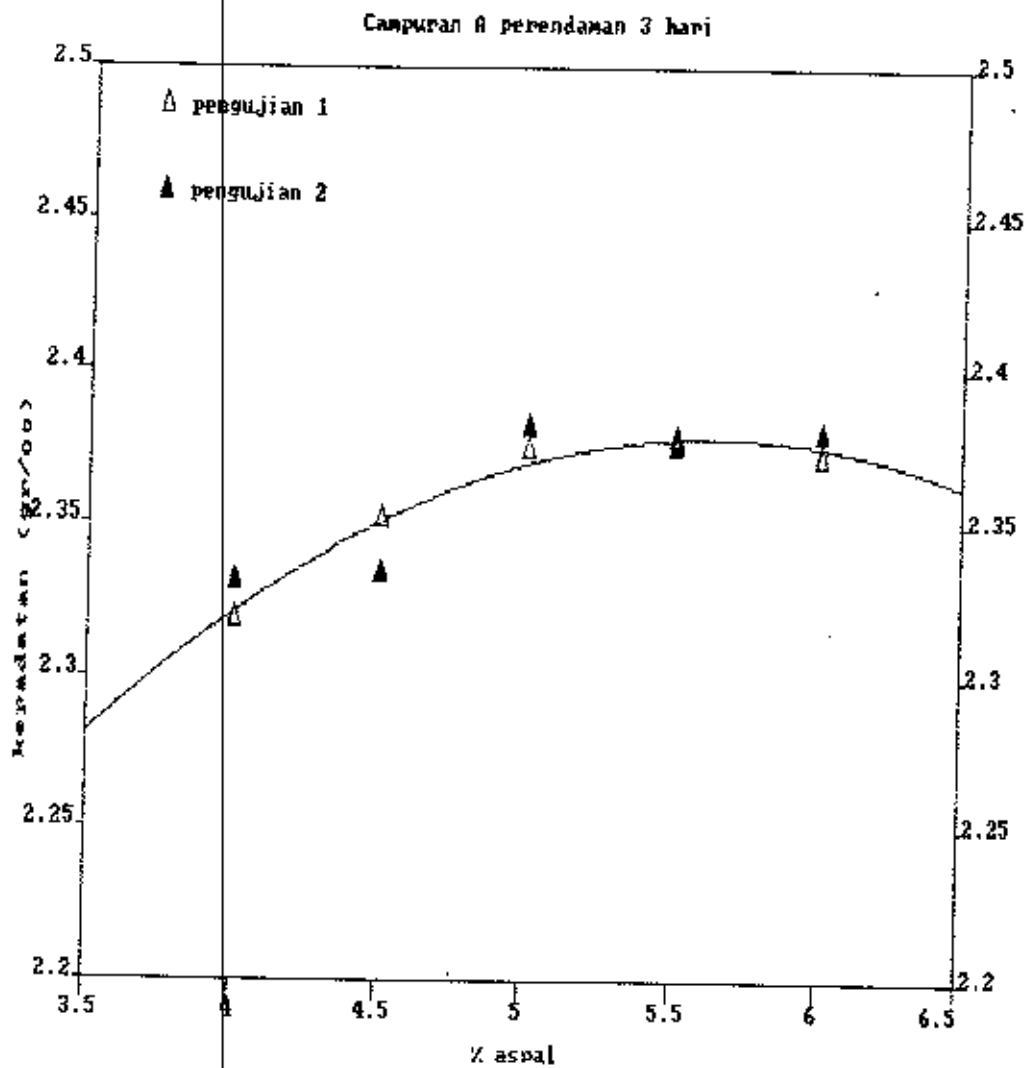
Besarnya persen rongga dalam campuran tergantung dari gradasi agregat yang dipergunakan, kadar aspal serta pelaksanaan dalam pemadatan benda uji. Pemakaian agregat yang bergradasi baik akan menghasilkan campuran dengan rongga yang sedikit. Demikian juga dengan pemakaian jumlah aspal didalam campuran, semakin tinggi kadar aspalnya maka semakin sedikit rongga didalam campurannya.



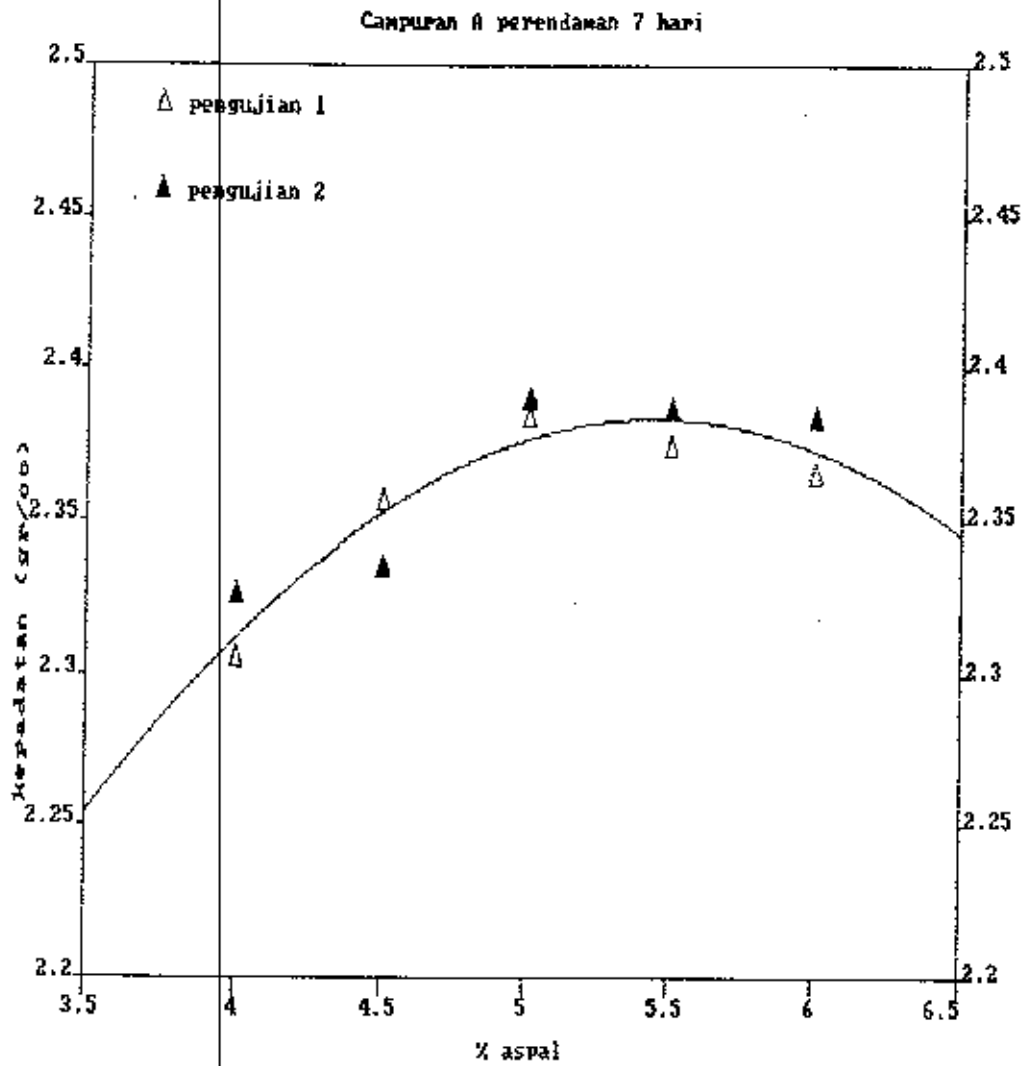
Gambar 4.1 Kepadatan vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 1 hari



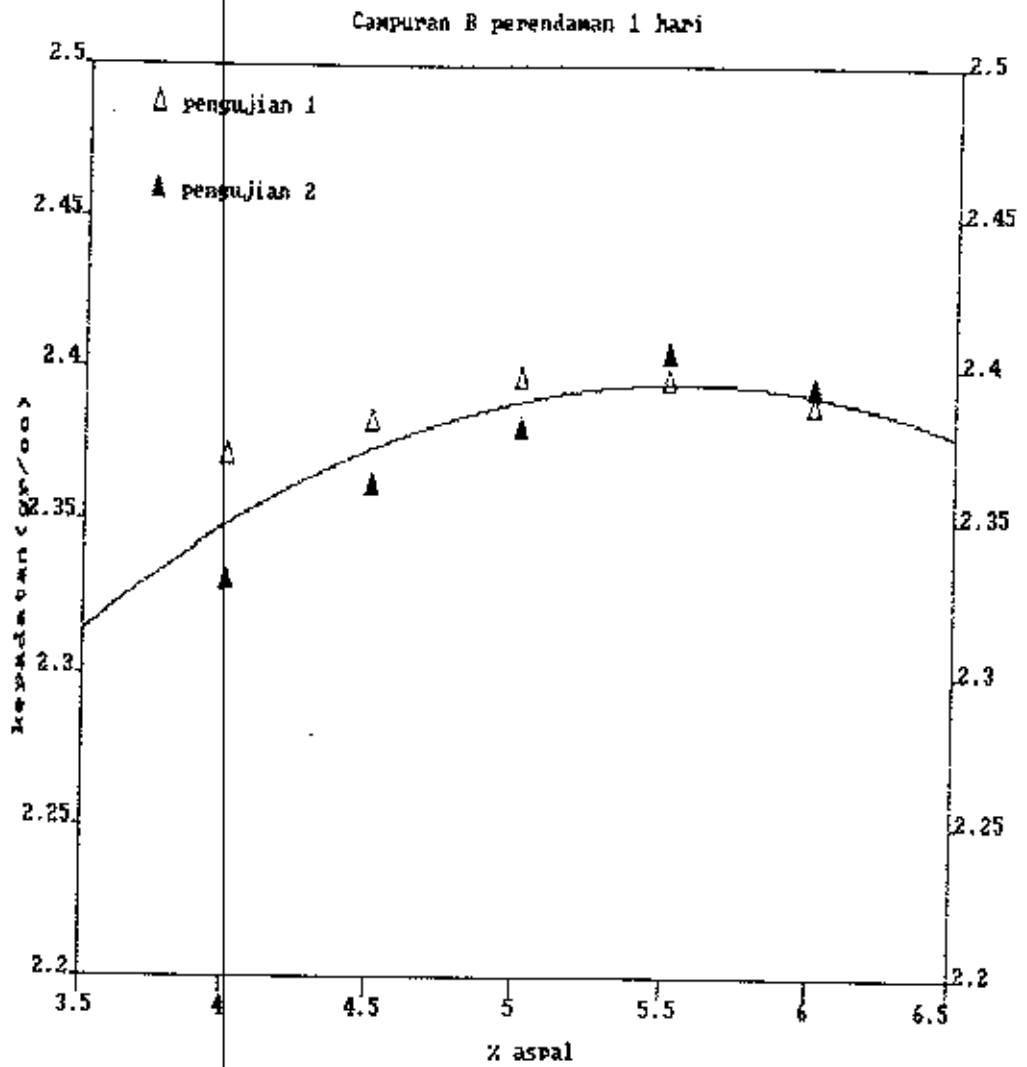
Gambar 4.2 Kepadatan vs Radar aspal pada Campuran A dengan perendaman 2 hari



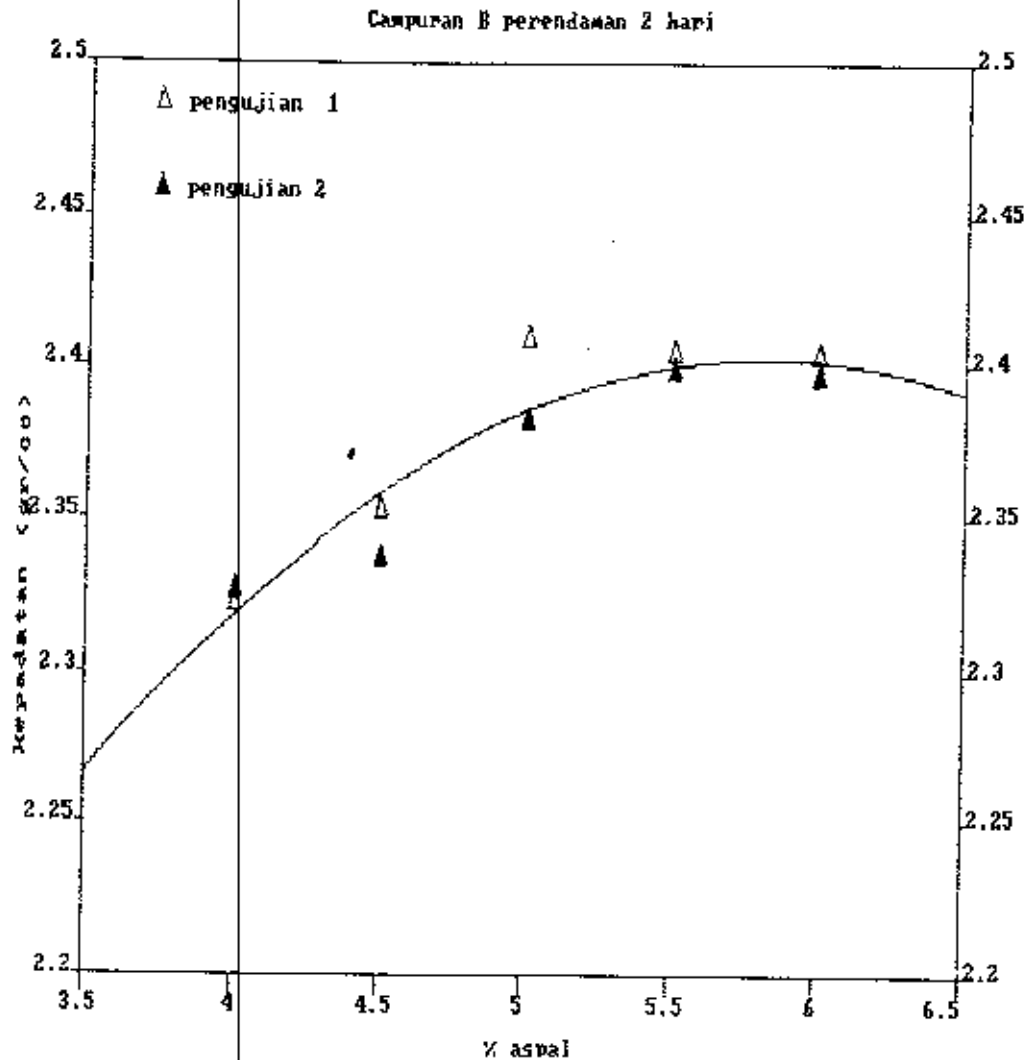
Gambar 4.3 Repadatan vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 3 hari



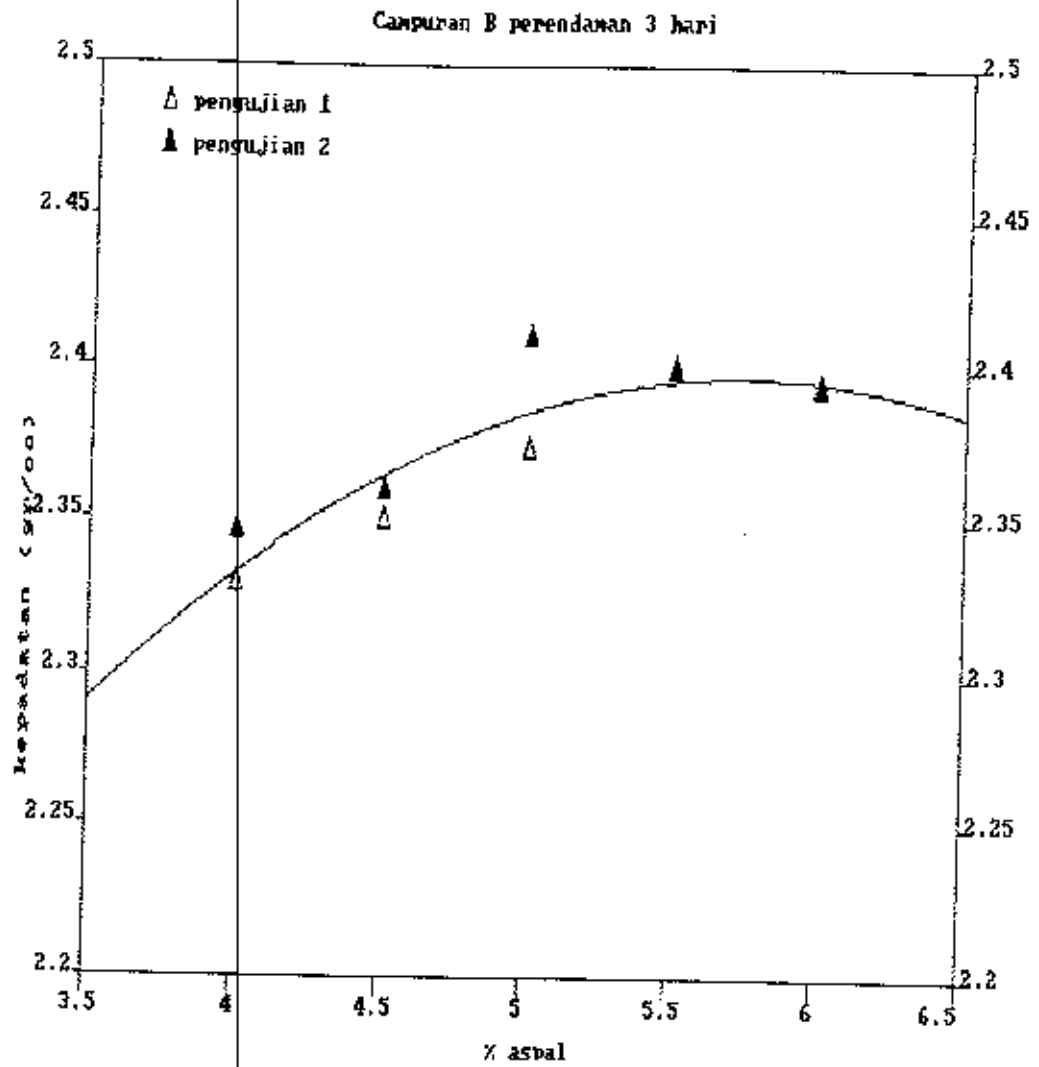
Gambar 4.4 Kepadatan vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 7 hari



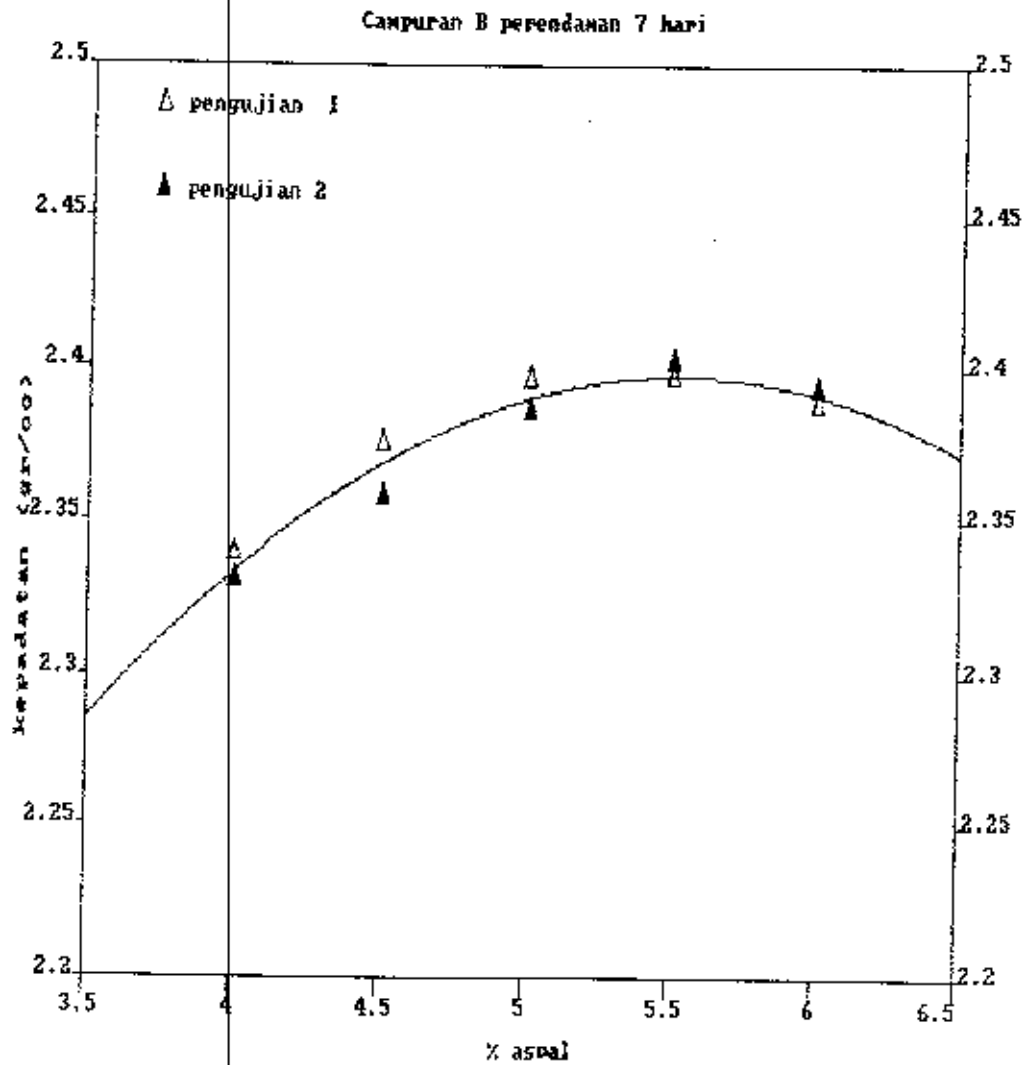
Gambar 4.5 Kepadatan vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 1 hari



Gambar 4.6 Kepadatan vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 2 hari



Gambar 4.7 Kepadatan vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 3 hari



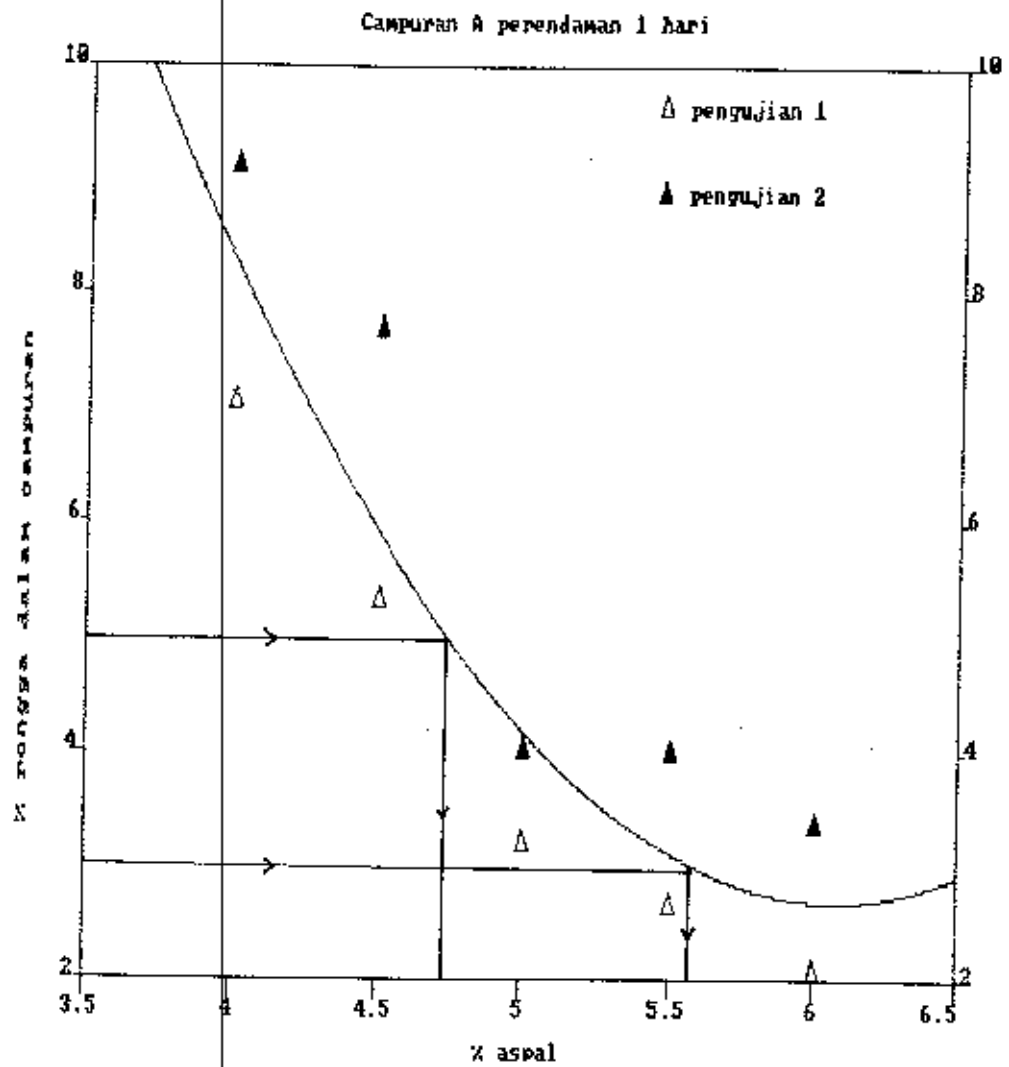
Gambar 4.8 Kepadatan vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 7hari

Pelaksanaan pemadatan yang baik misalnya dengan melakukan pengrojokan terhadap benda uji sebelum dilakukan pemadatan akan memperkecil jumlah rongga didalam campuran. Selanjutnya perubahan persen rongga dalam campuran sesuai dengan penambahan jumlah aspal didalam campuran dapat dilihat pada Gambar 4.9 sampai Gambar 4.16.

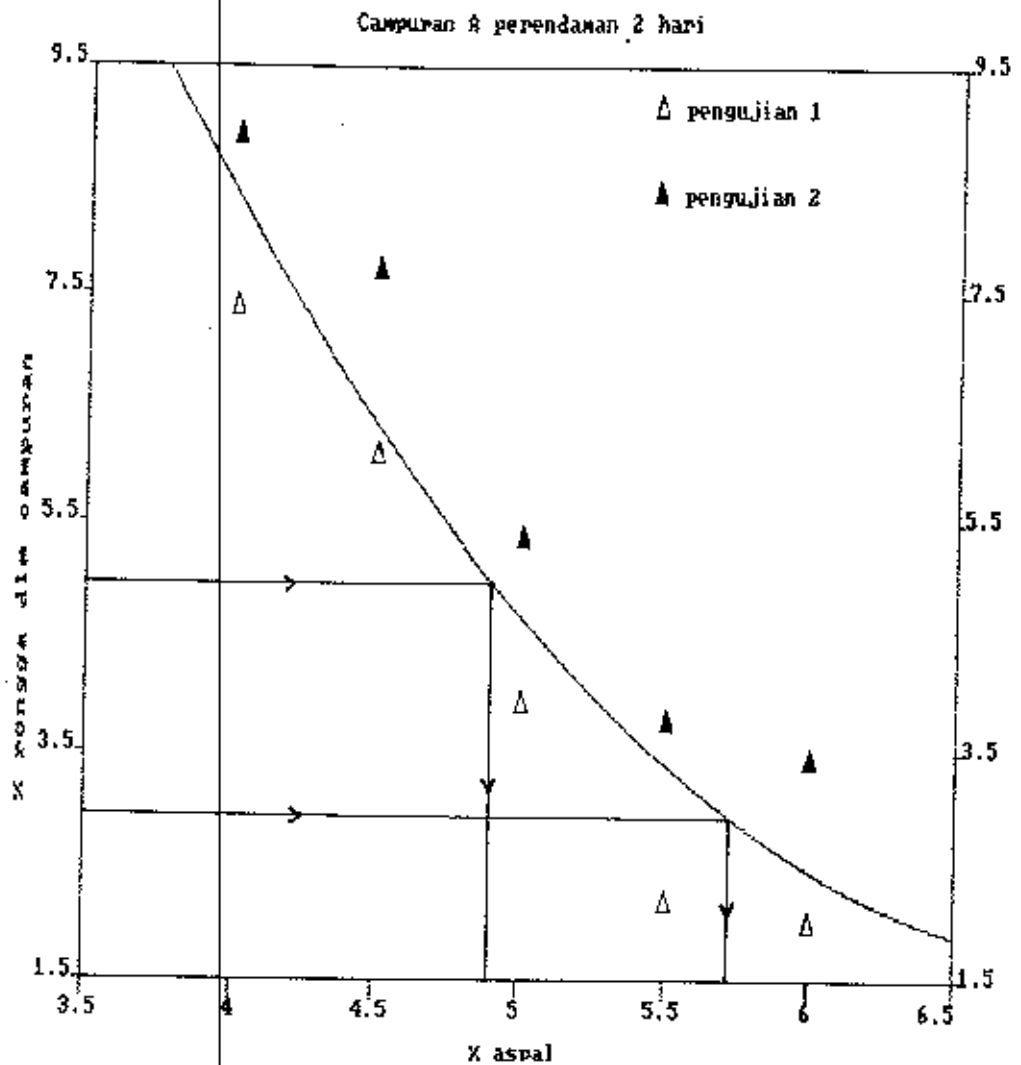
Dari hasil pengujian rongga dalam campuran dapat ditentukan range kadar aspal yang memenuhi syarat banyaknya rongga dalam suatu campuran aspal beton, seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Analisa Rongga dalam Campuran

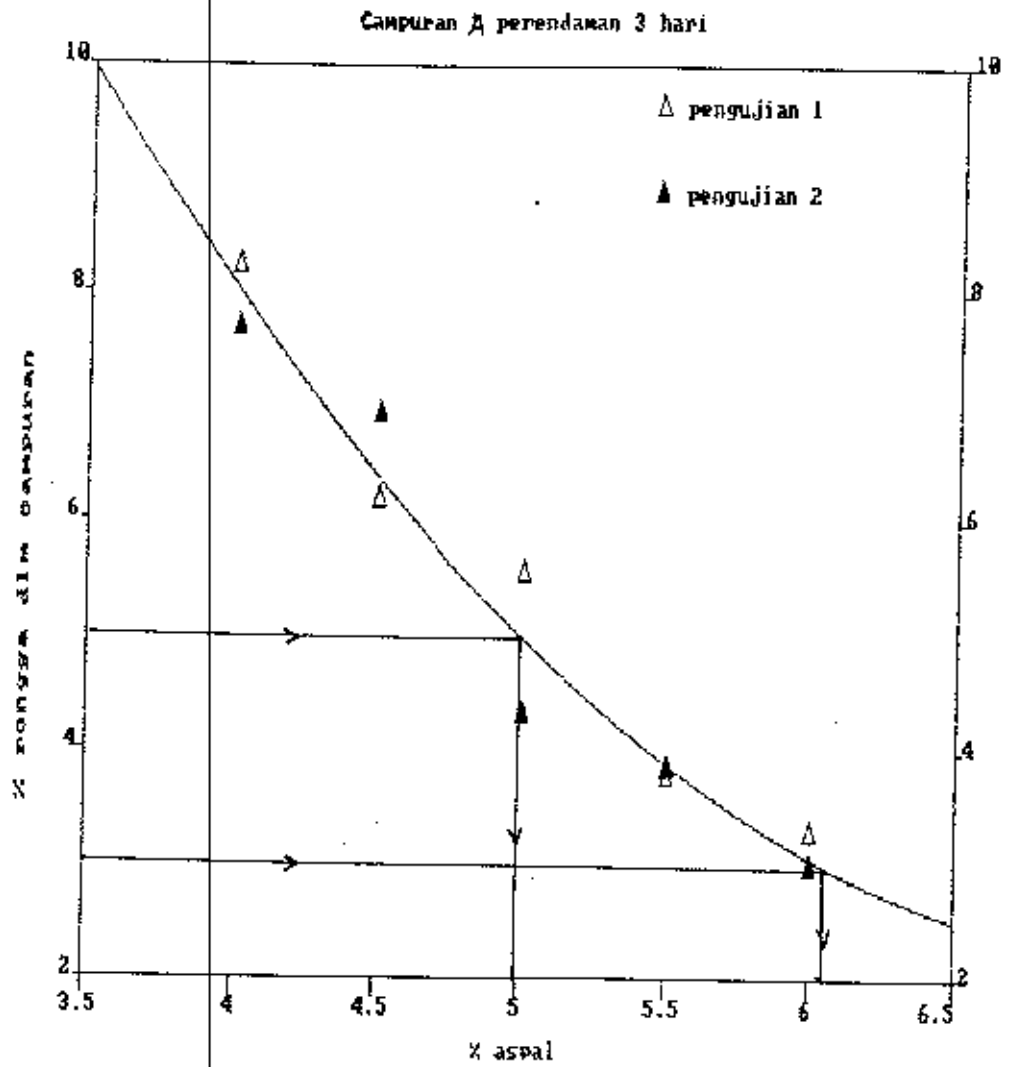
Jenis Campuran Perendaman	Syarat rongga dalam campuran (%)	Kadar aspal yg. memenuhi %
Campuran A		
1 hari	3 - 5	5.00 - 6.00
2 hari	3 - 5	4.90 - 5.70
3 hari	3 - 5	5.00 - 6.00
7 hari	3 - 5	4.80 - 6.00
Campuran B		
1 hari	3 - 5	5.00 - 6.00
2 hari	3 - 5	5.05 - 6.00
3 hari	3 - 5	5.05 - 6.00
7 hari	3 - 5	5.00 - 6.00



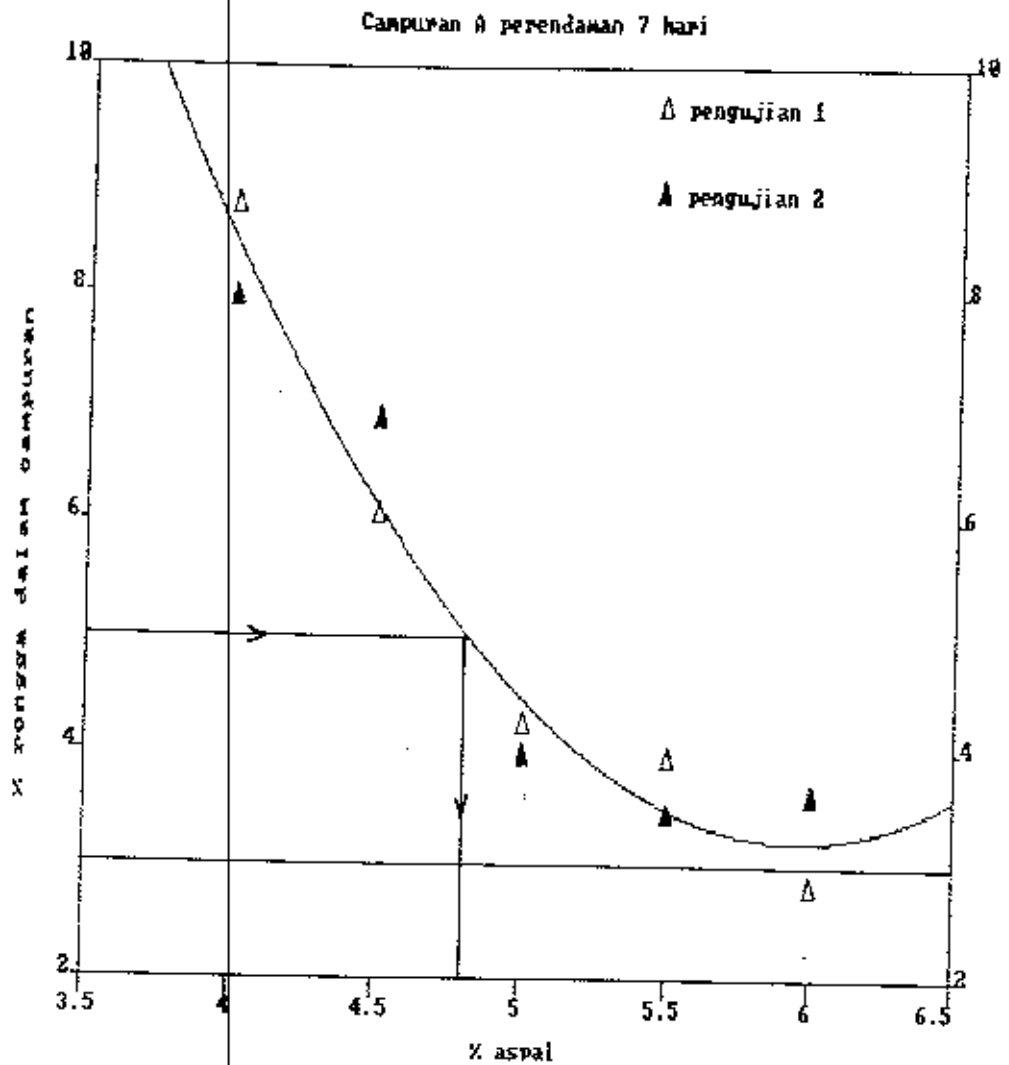
Gambar 4.8 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 1 hari



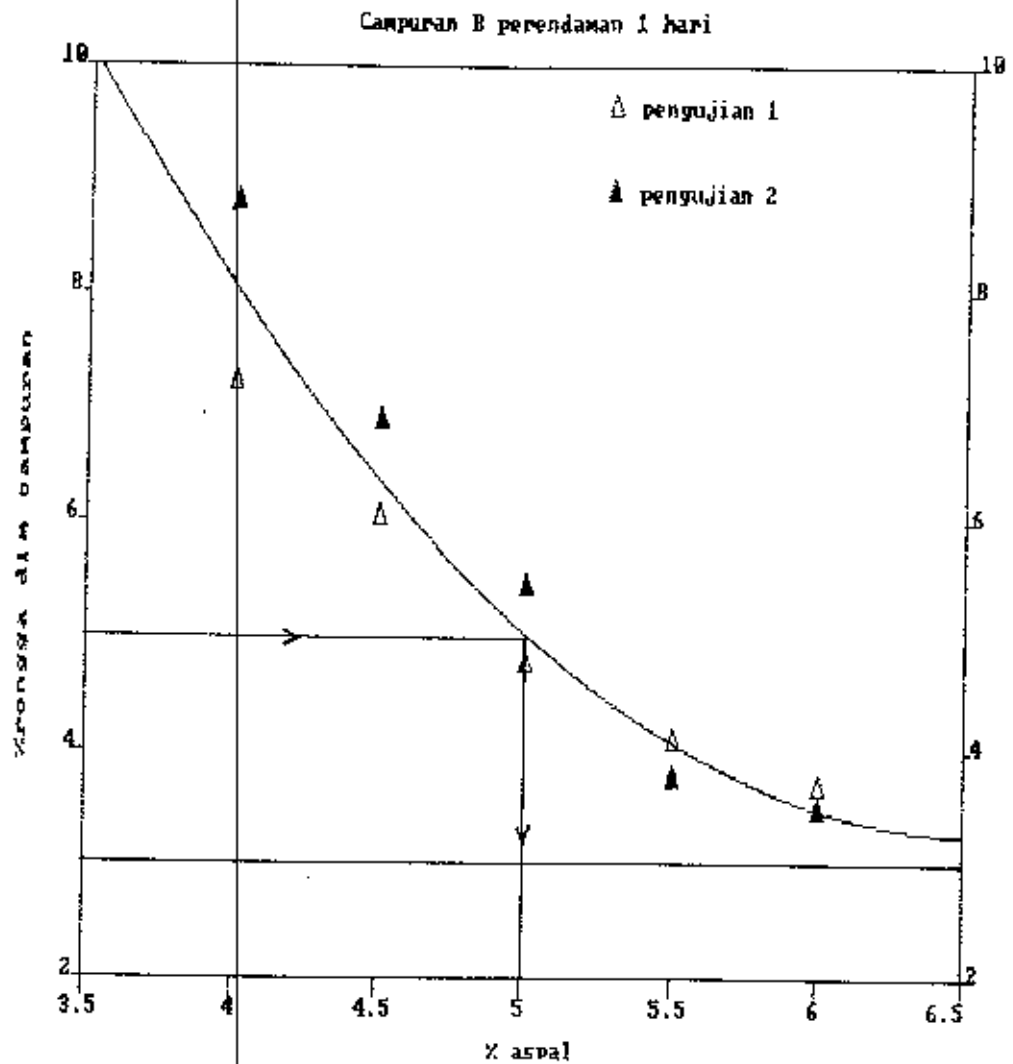
Gambar 4.10 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 2 hari



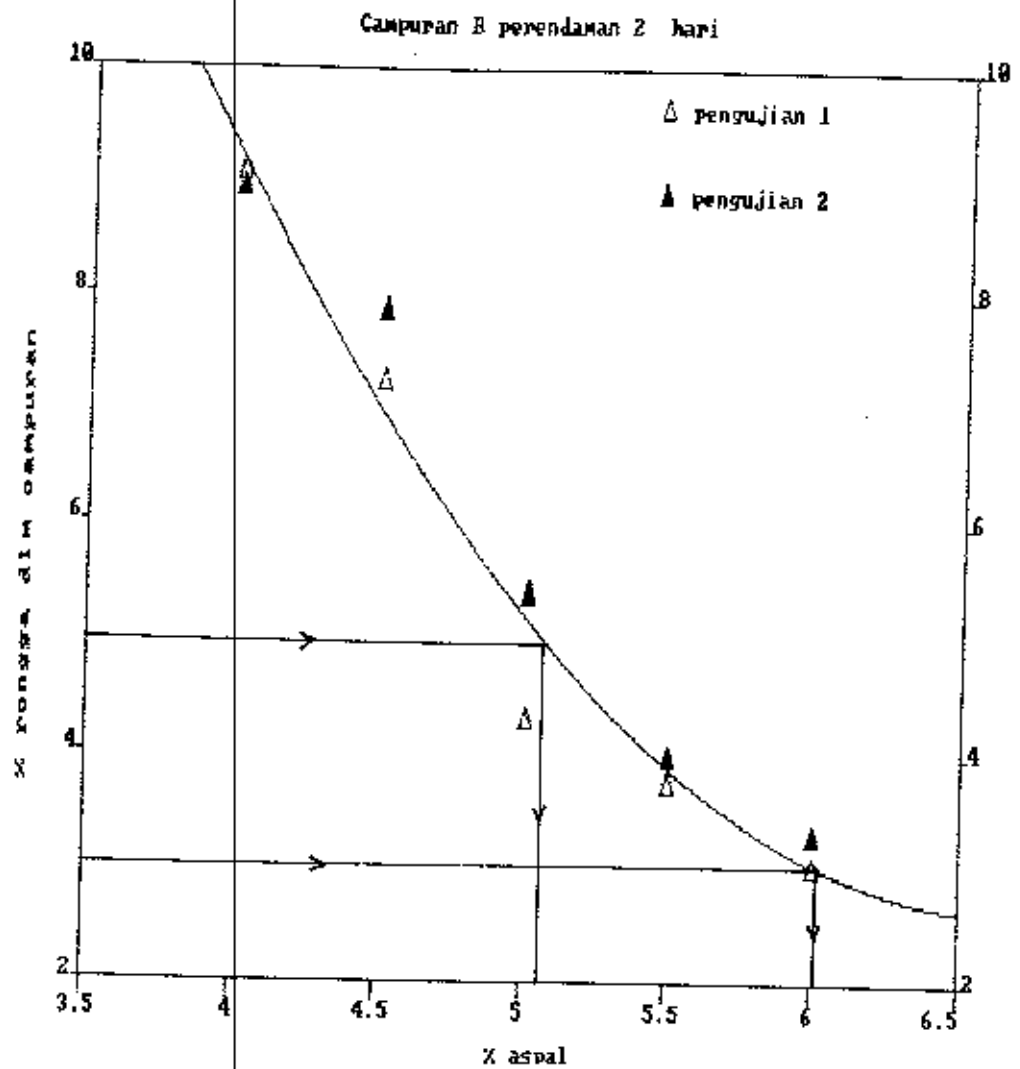
Gambar 4.11 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 3 hari



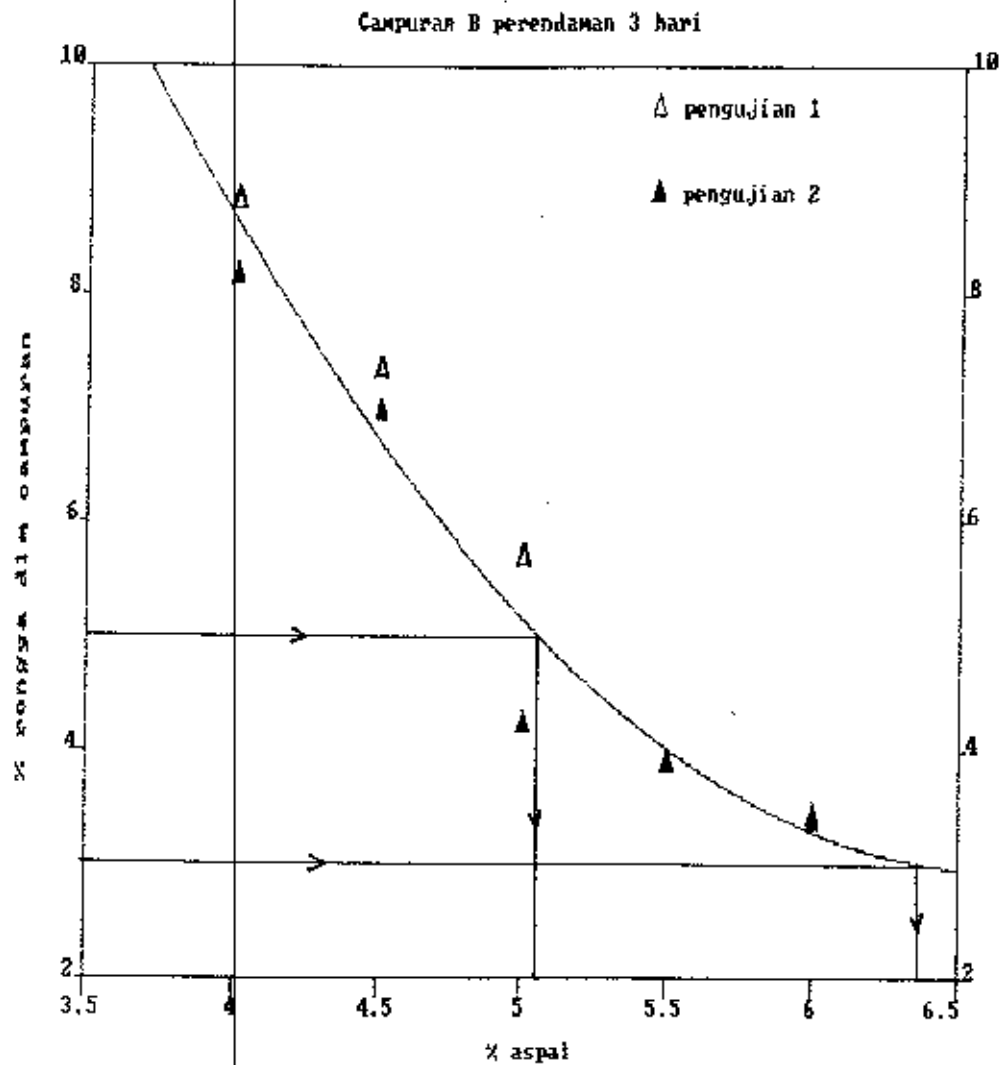
Gambar 4.12 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 7 hari



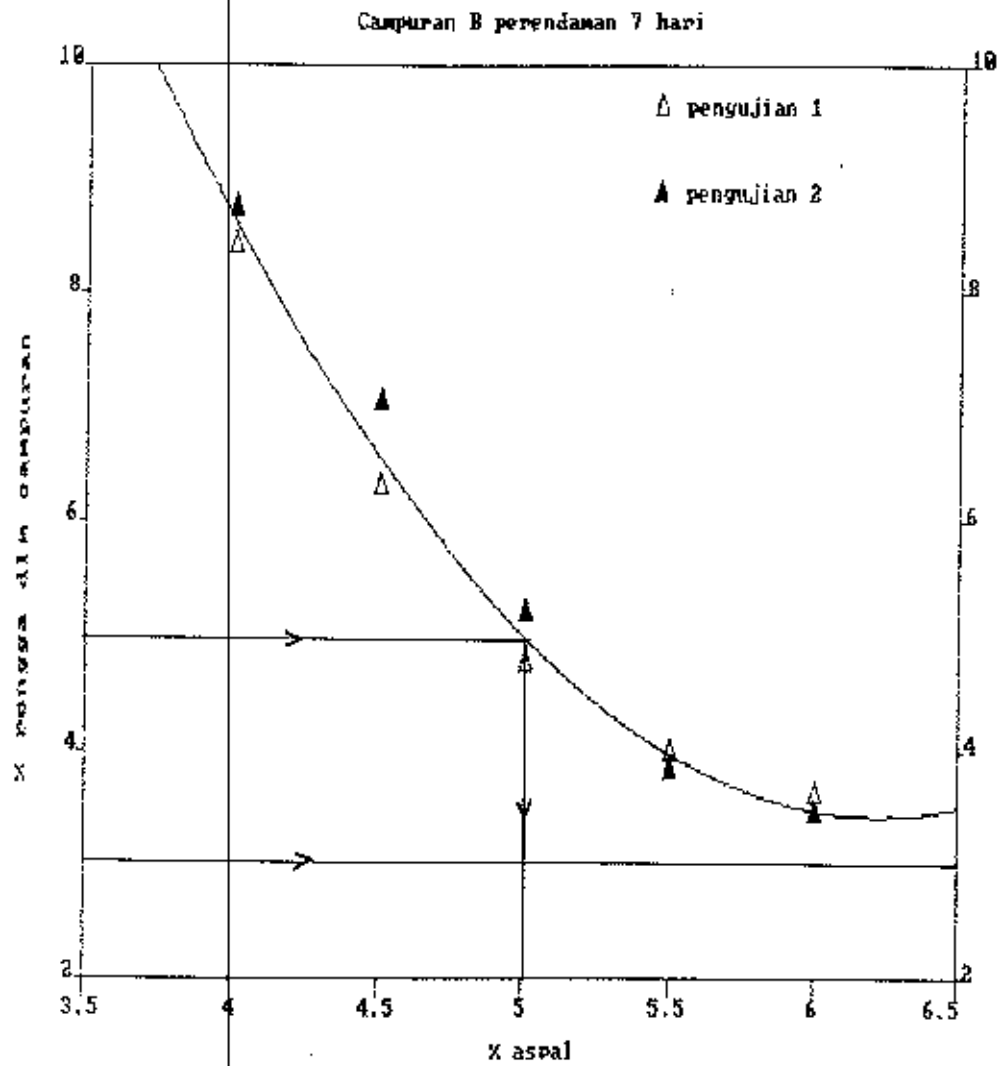
Gambar 4.13 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 1 hari



Gambar 4.14 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 2 hari



Gambar 4.15 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 3 hari

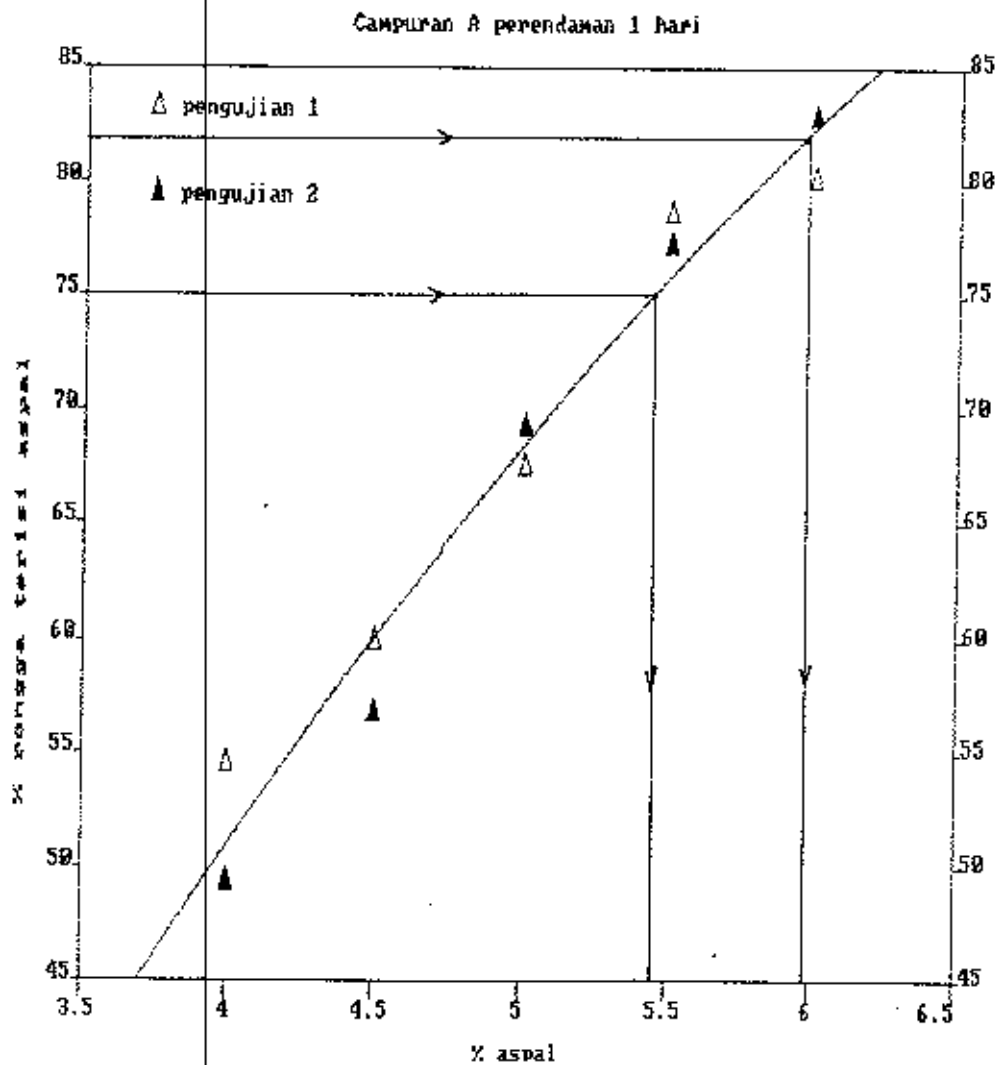


Gambar 4.16 Rongga dalam campuran vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 7 hari

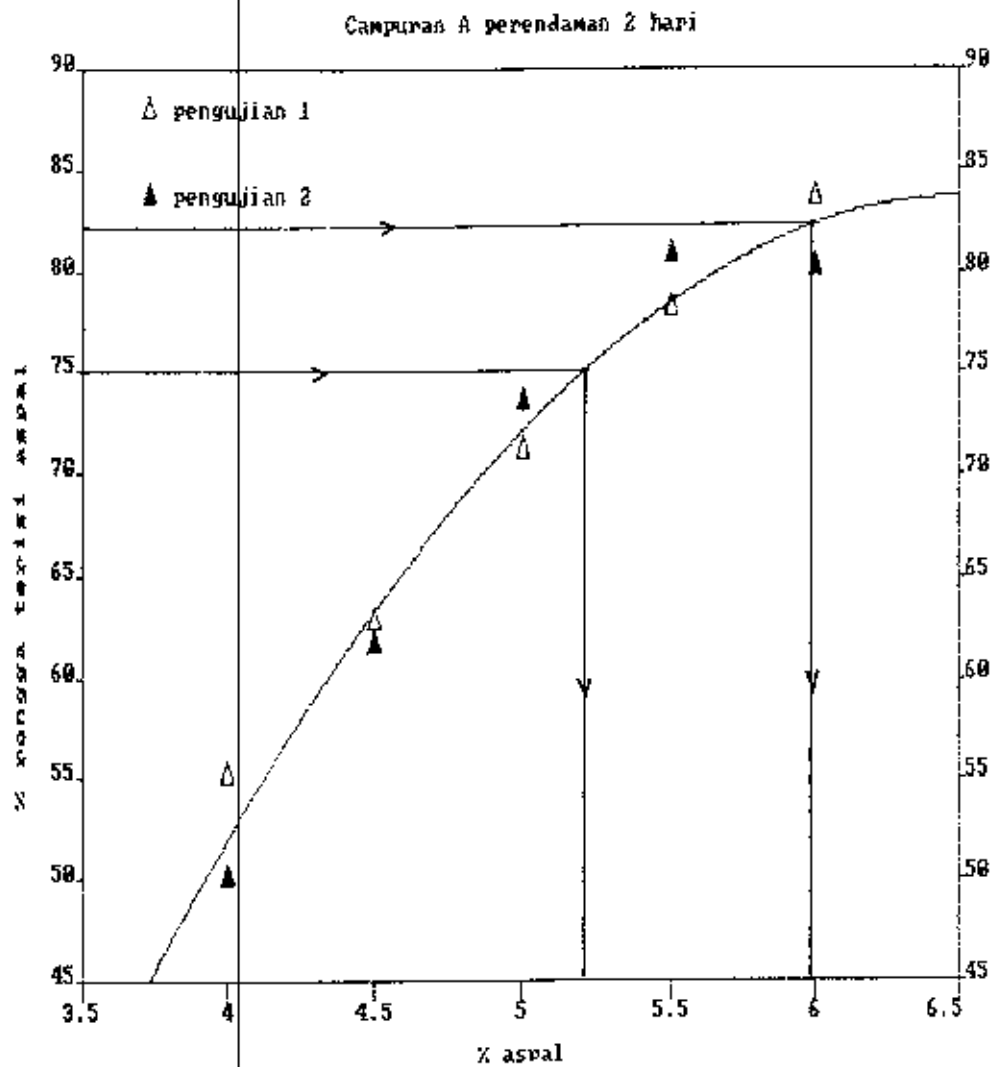
4.3.3. RONGGA TERISI ASPAL (%)

Besarnya persen rongga yang terisi aspal didalam campuran tergantung dari rongga dalam campuran serta jumlah pemakaian aspal. Semakin banyak rongga dalam campuran, dengan kadar aspal yang sama, akan menghasilkan persen rongga terisi aspal yang semakin kecil. Demikian juga semakin banyak pemakaian aspal didalam campuran, dengan jumlah rongga yang sama, akan menghasilkan persen rongga terisi aspal yang semakin besar. Selanjutnya perubahan persen rongga terisi aspal yang sesuai dengan penambahan jumlah aspal didalam campuran dapat dilihat pada Gambar 2.17 sampai Gambar 2.24.

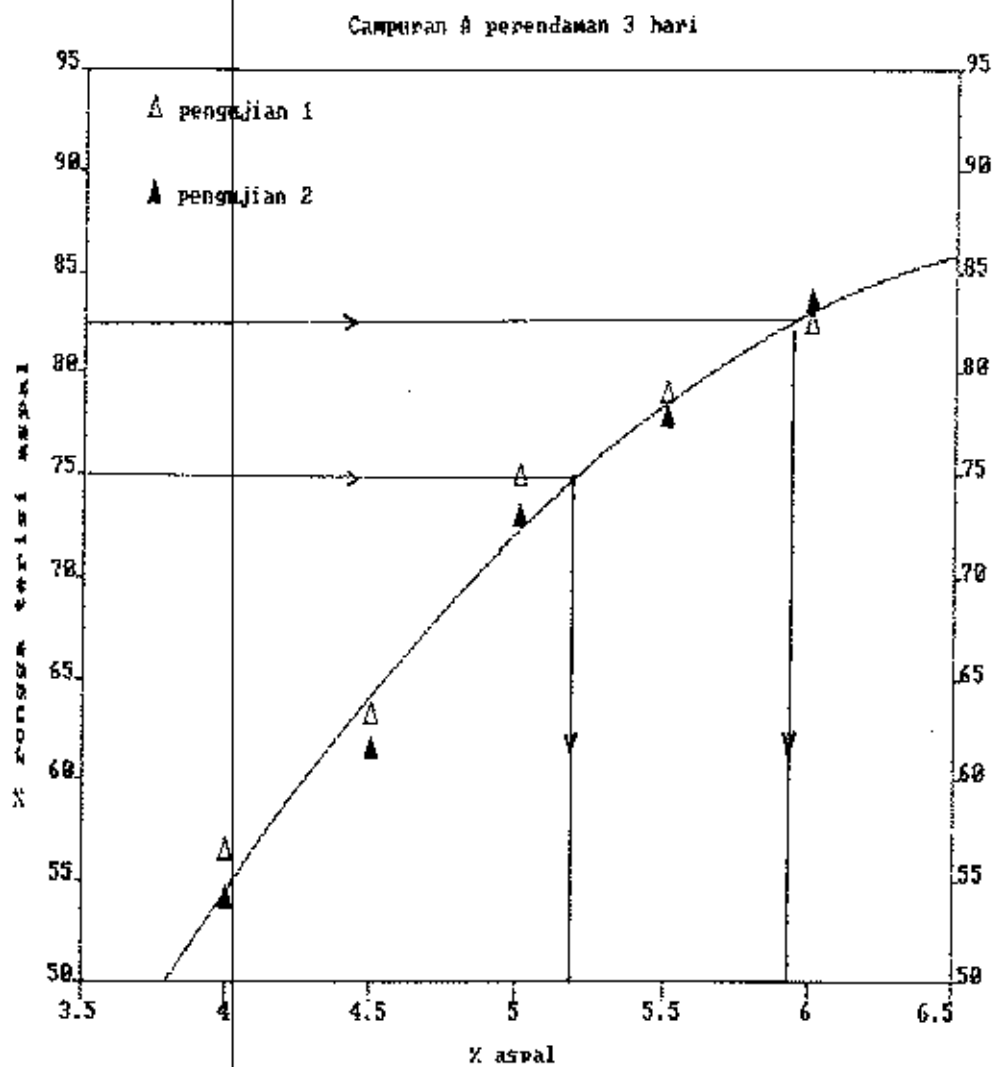
Dari hasil pengujian rongga terisi aspal dalam campuran dapat ditentukan range kadar aspal yang memenuhi syarat banyaknya rongga terisi aspal dalam suatu campuran aspal beton, seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.9.



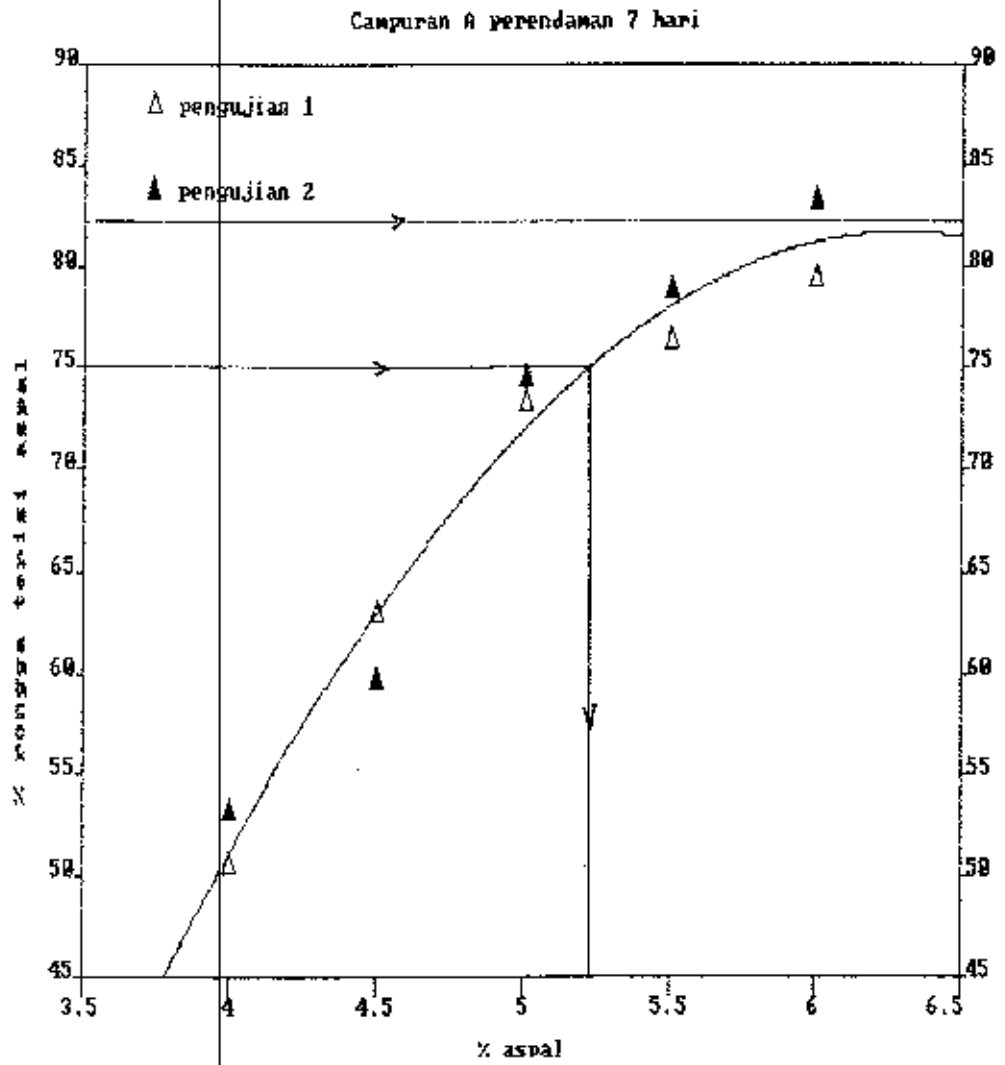
Gambar 4.17 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 1 hari



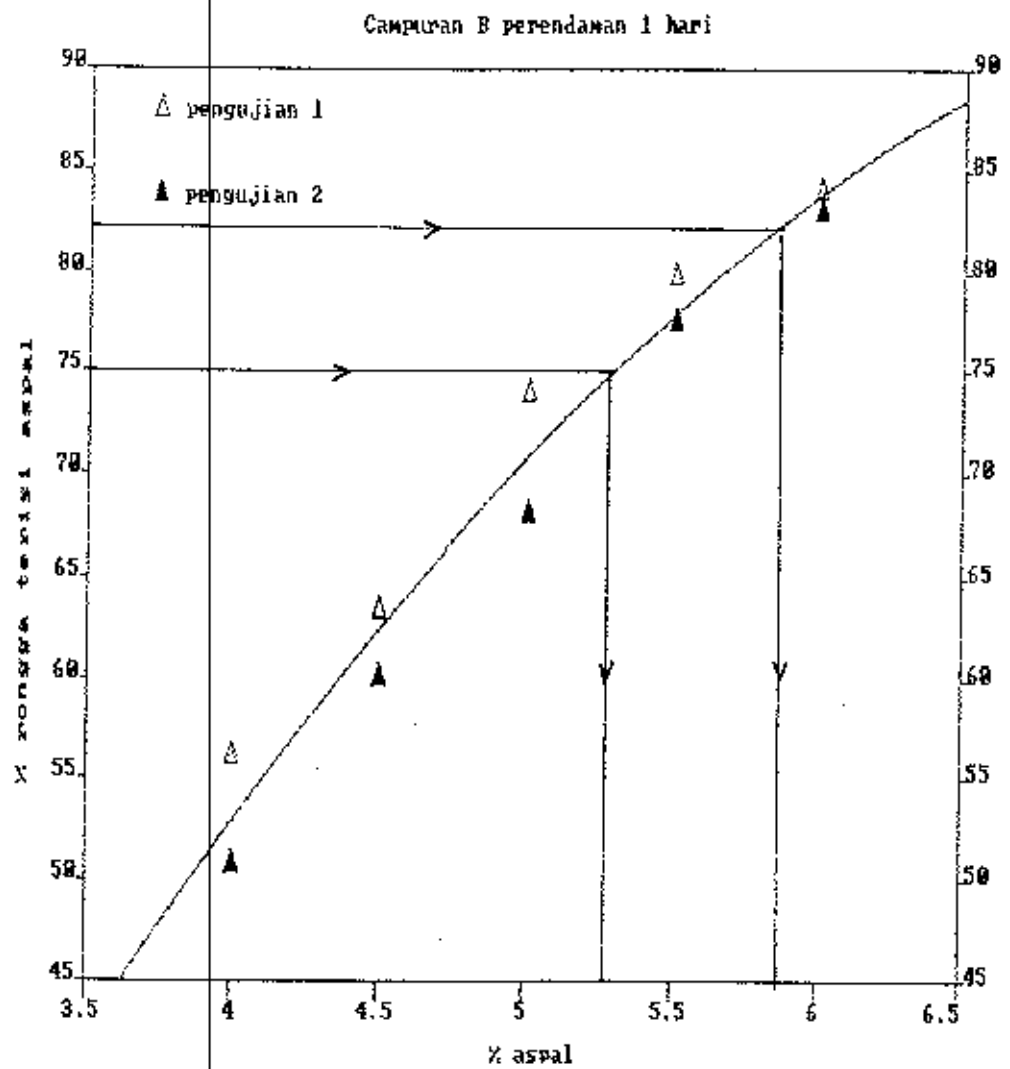
Gambar 4.18 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 2 hari



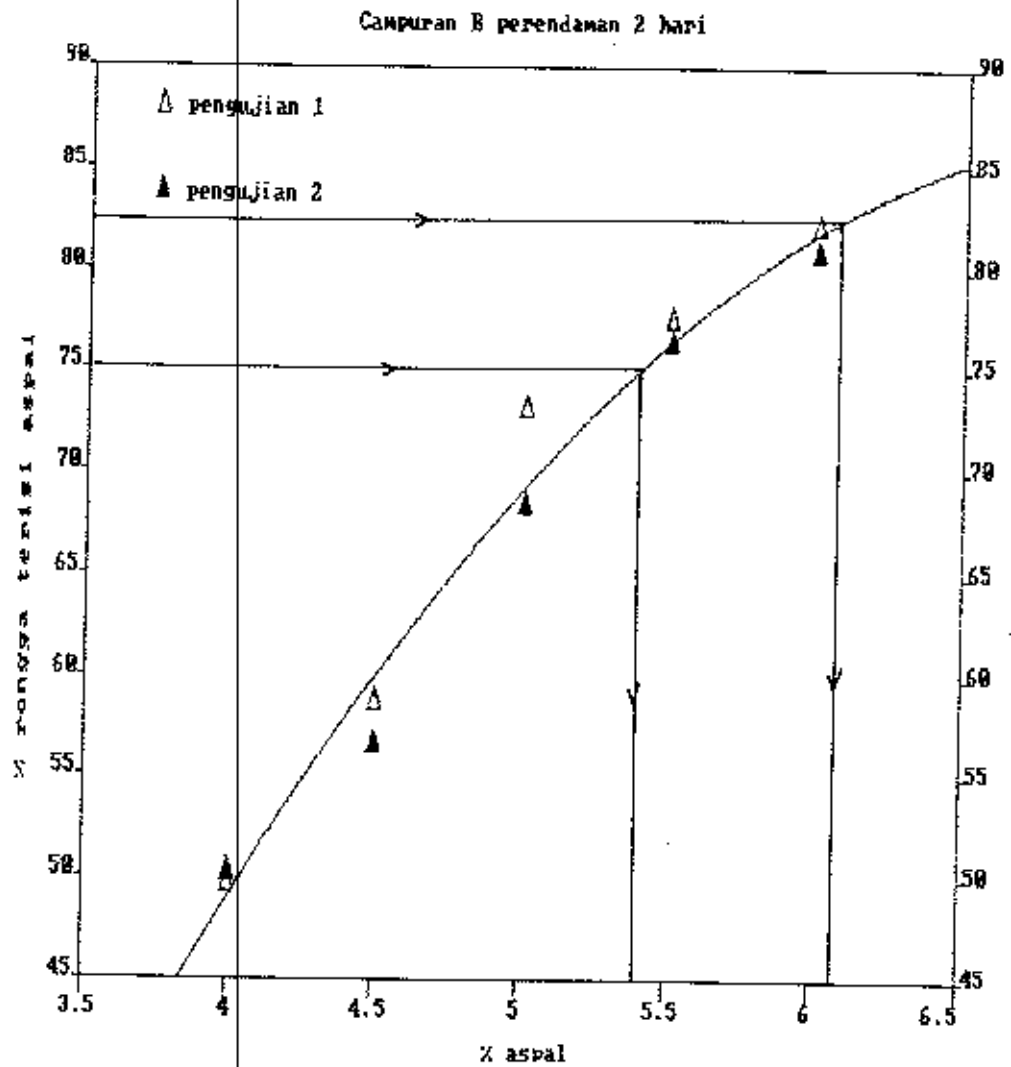
Gambar 4.18 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 3 hari



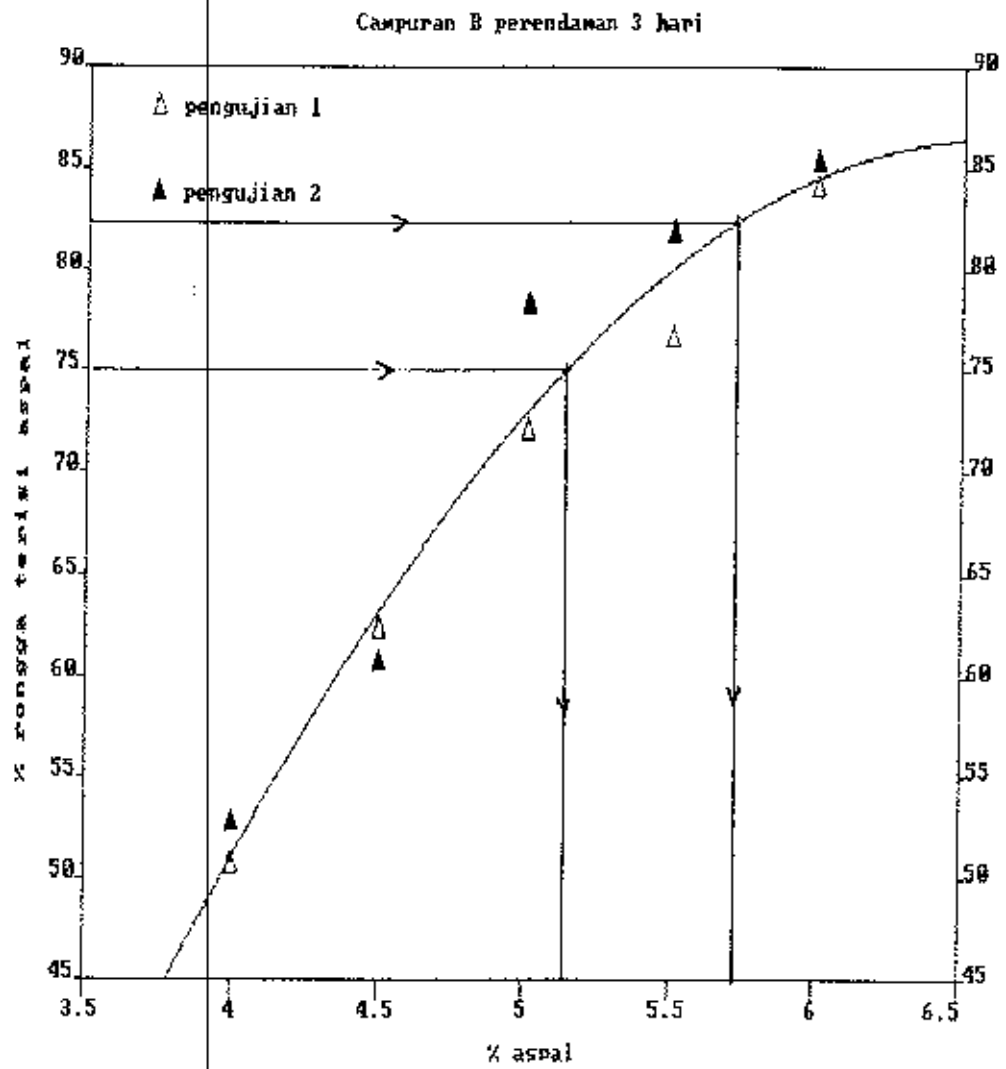
Gambar 4.20 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 7 hari



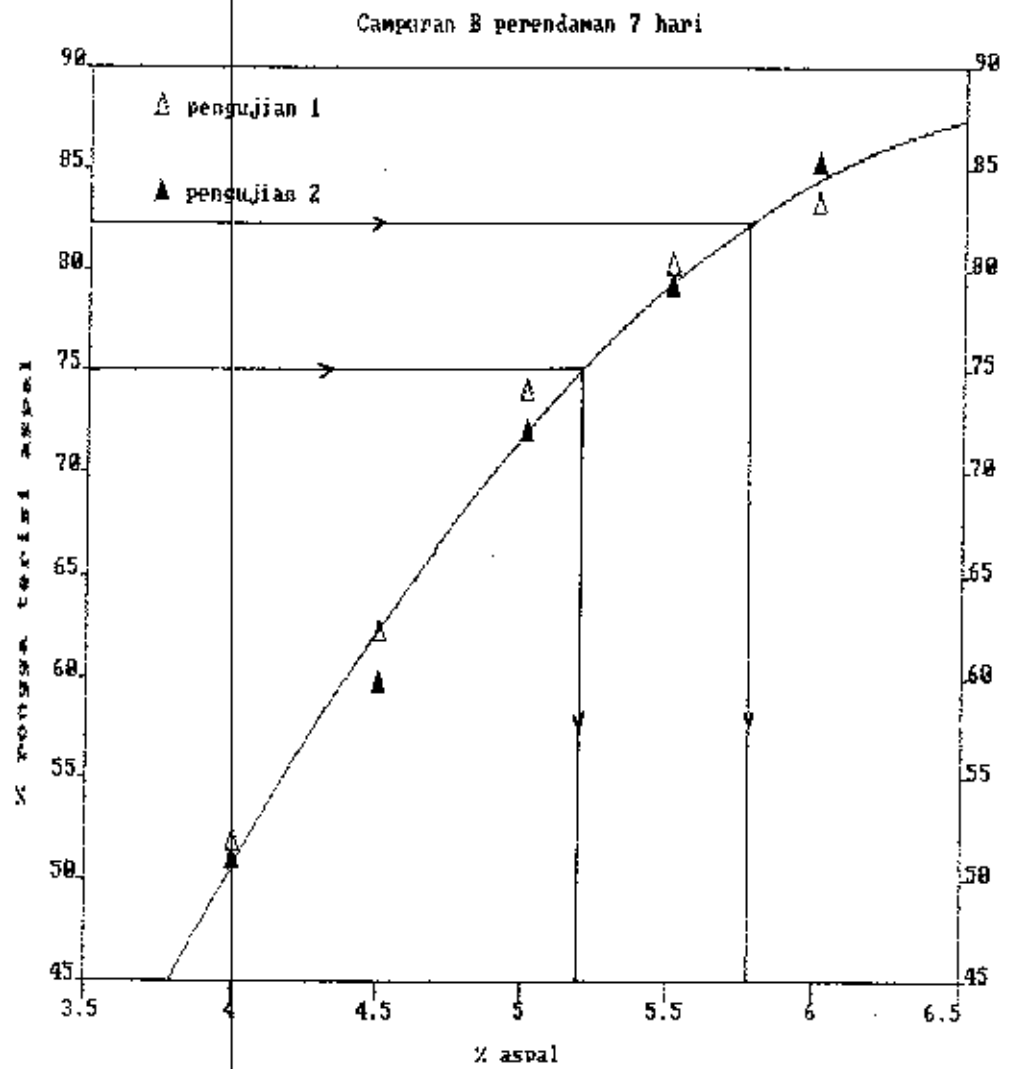
Gambar 4.21 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 1 hari



Gambar 4.22 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 2 hari



Gambar 4.23 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 3 hari



Gambar 4.24 Rongga terisi aspal vs Kadar aspal pada
Campuran B dengan perendaman 7 hari

kedalam air yaitu = Berat SSD (kering permukaan)- berat campuran didalam air, dimana variasi perendaman sangat kecil pengaruhnya terhadap perubahan berat SSD ini.

4.3.4. STABILITAS

Stabilitas campuran dipengaruhi oleh gradasi agregat, sifat permukaan agregat serta jumlah aspal dalam campuran. Penambahan jumlah aspal didalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran, dan stabilitas campuran akan menurun jika penambahan kadar aspal melebihi kadar aspal optimumnya. Selanjutnya perubahan nilai stabilitas sesuai dengan penambahan kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 4.25 sampai Gambar 4.32.

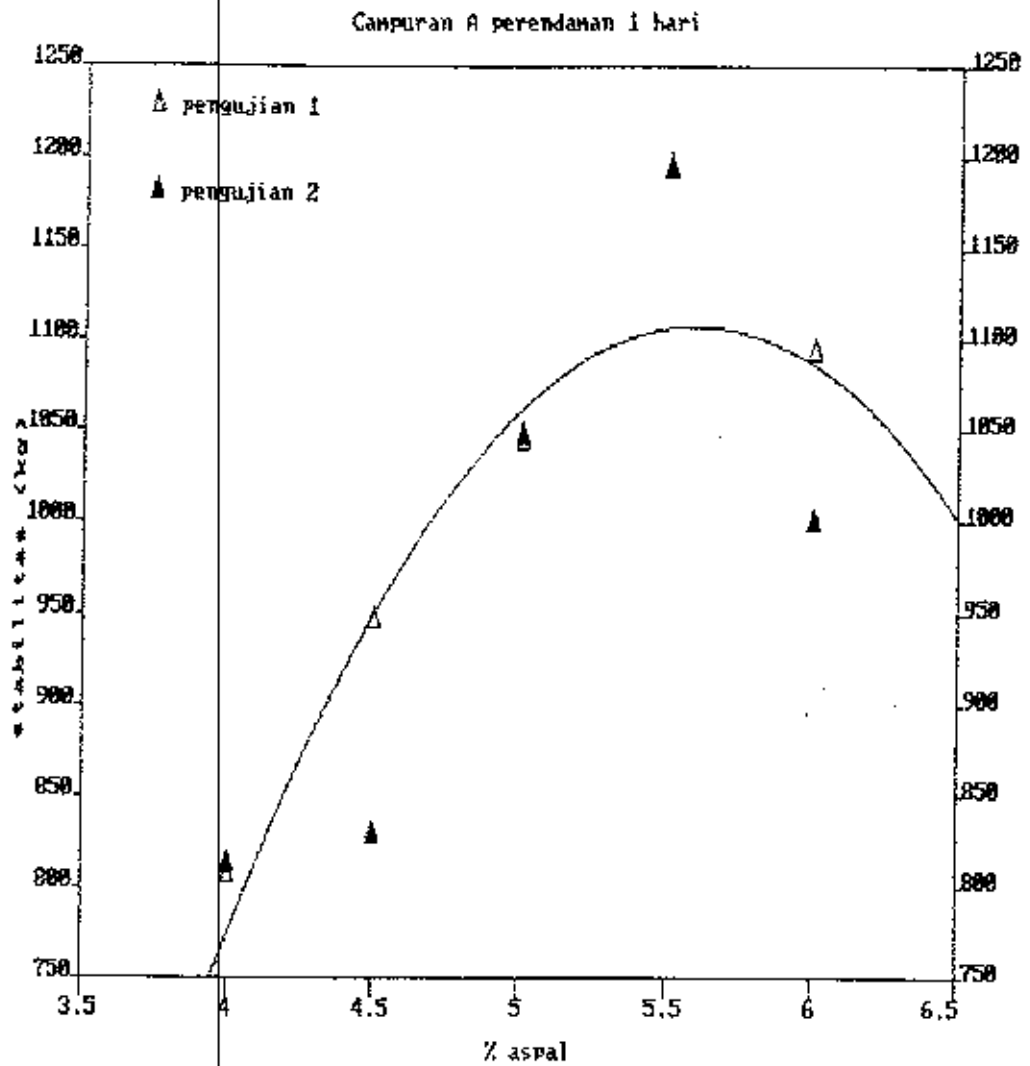
Sifat permukaan agregat baik kekasaran maupun kebersihannya mempengaruhi daya lekat aspal terhadap agregat tersebut. Stabilitas campuran sangat tergantung dari kekuatan aspal untuk mengikat agregat didalam suatu campuran. Jadi agregat yang permukaannya kasar dan bersih dari gumpalan lempung akan menghasilkan suatu campuran dengan stabilitas yang baik.

Dari hasil pengujian stabilitas campuran dapat ditentukan range kadar aspal yang memenuhi syarat stabilitas minimum untuk suatu campuran aspal beton, seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.10

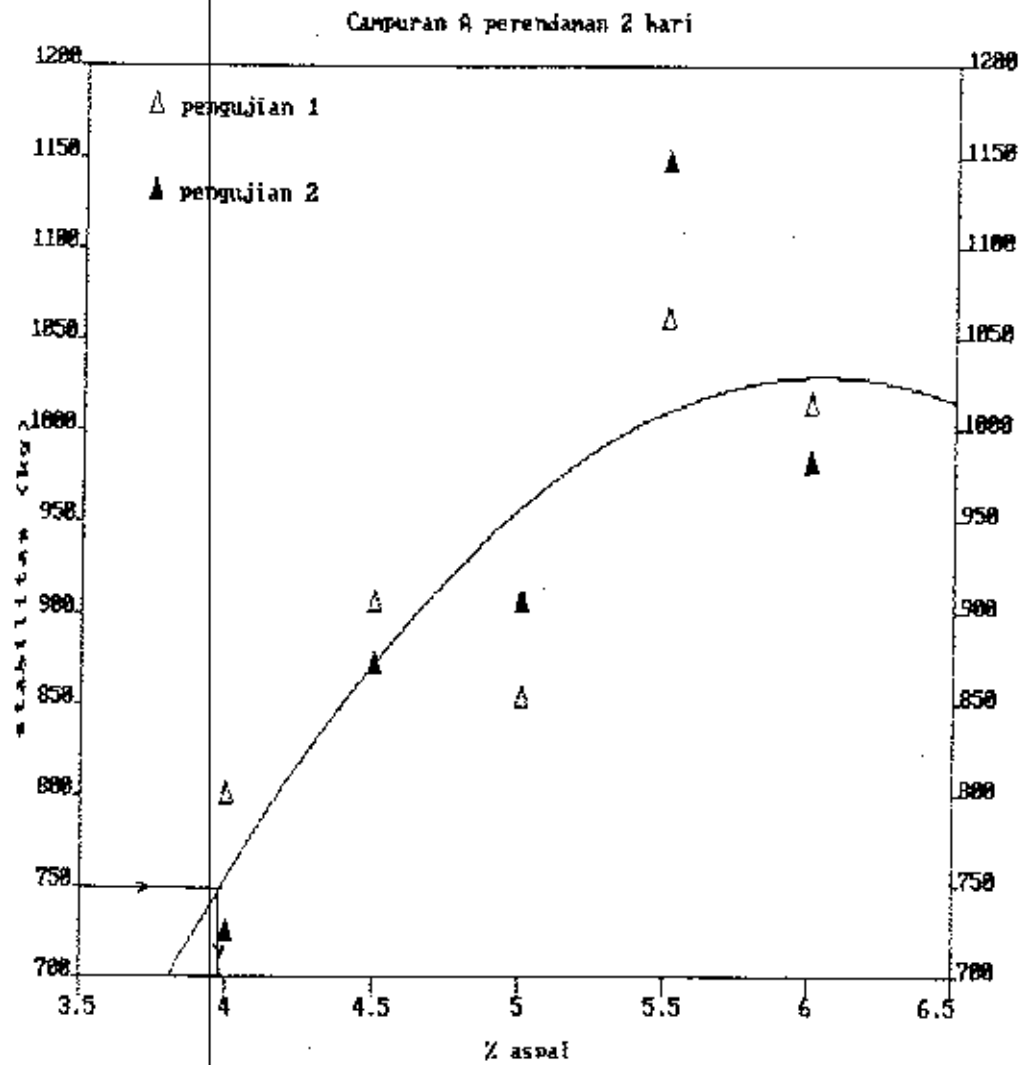
Tabel 4.10 Analisa Stabilitas Campuran

Jenis Campuran Perendaman	Syarat Stabilitas campuran (kg)	Kadar aspal yg. memenuhi %
Campuran A		
1 hari	750	4.00 - 6.00
2 hari	750	4.00 - 6.00
3 hari	750	4.20 - 6.00
7 hari	750	4.45 - 6.00
Campuran B		
1 hari	750	4.00 - 6.00
2 hari	750	4.00 - 6.00
3 hari	750	4.00 - 6.00
7 hari	750	4.00 - 6.00

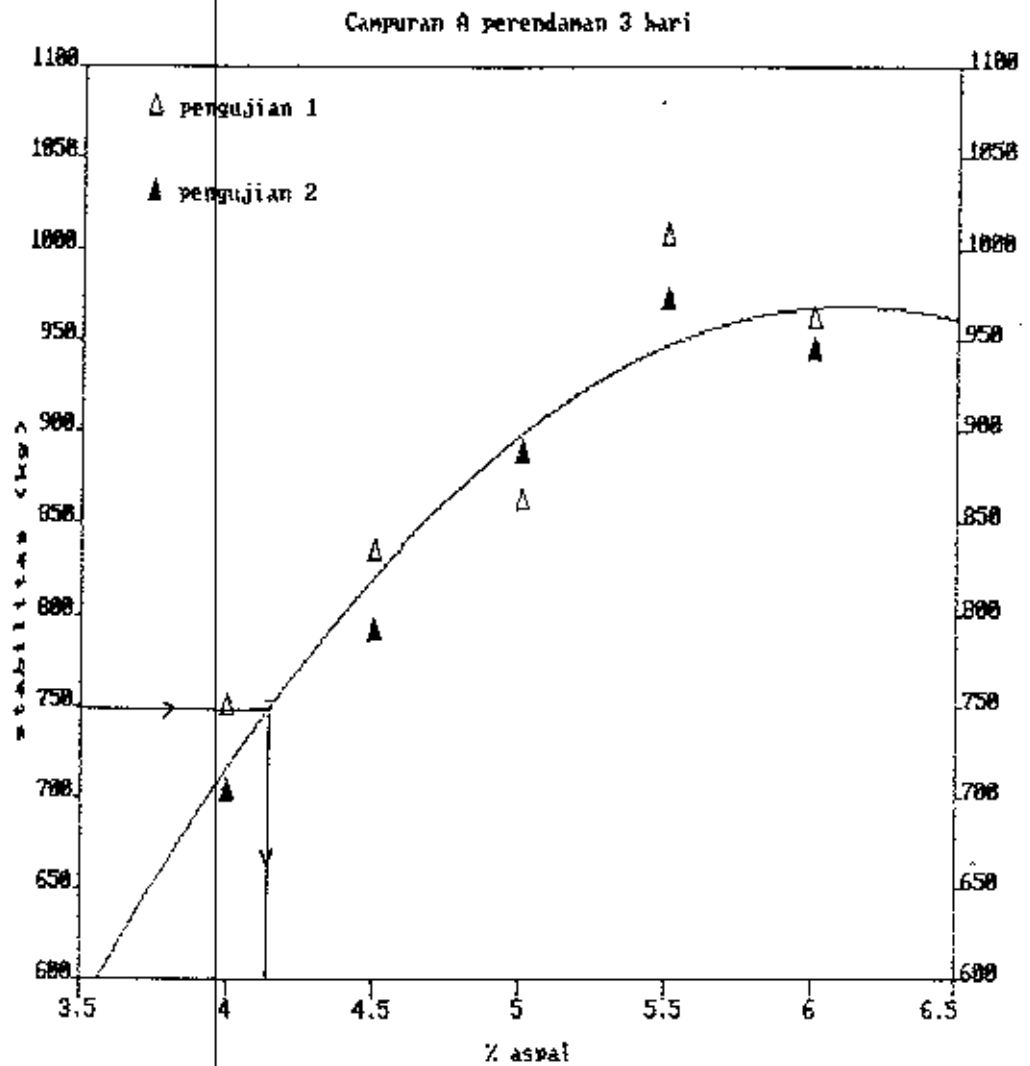
Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilitas Campuran B lebih baik dari stabilitas Campuran A. Hal ini karena kualitas agregat yang digunakan untuk bahan Campuran B lebih baik dari pada Campuran A. Agregat untuk bahan Campuran A mempunyai persentase gumpalan lempung yang lebih tinggi dari pada agregat untuk Campuran B. Selain itu keausan agregat Campuran A



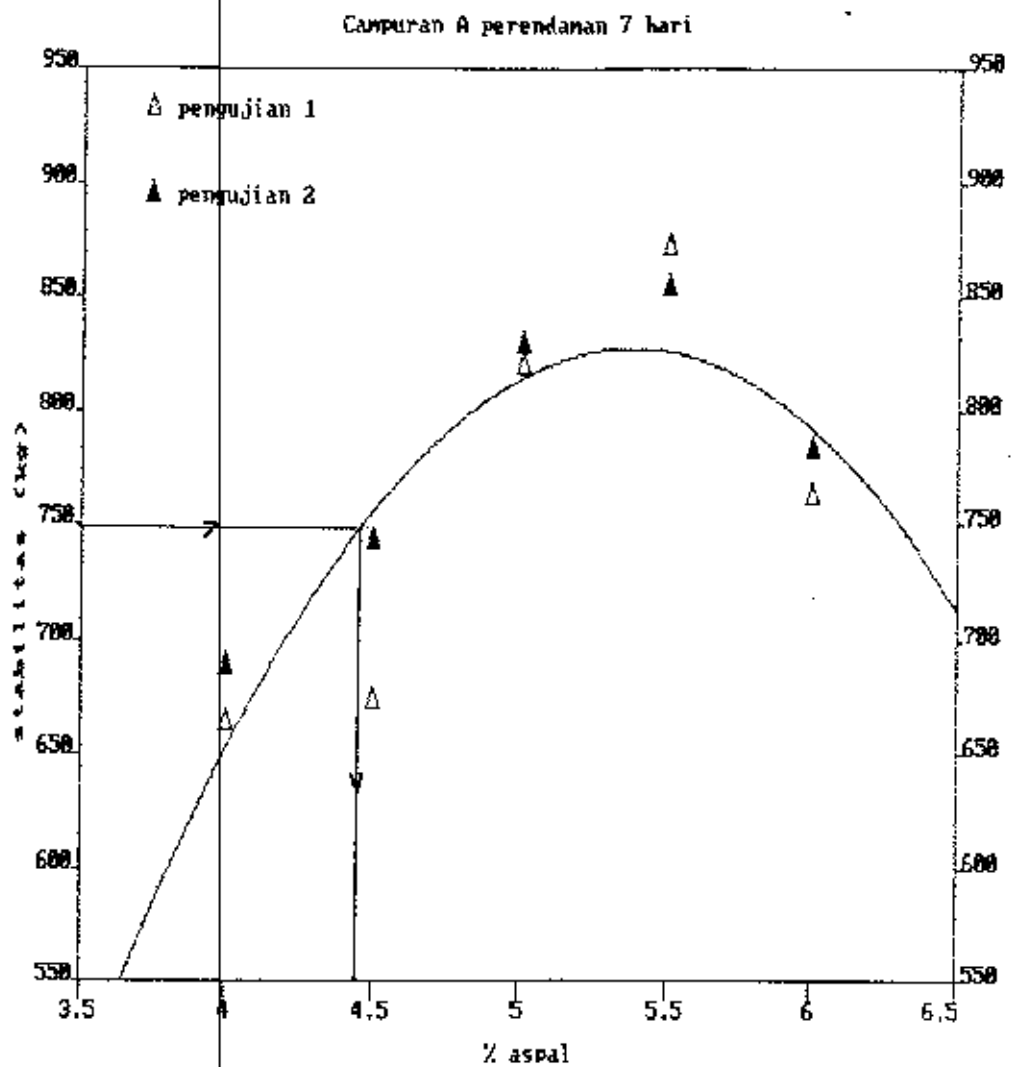
Gambar 4.25 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 1 hari



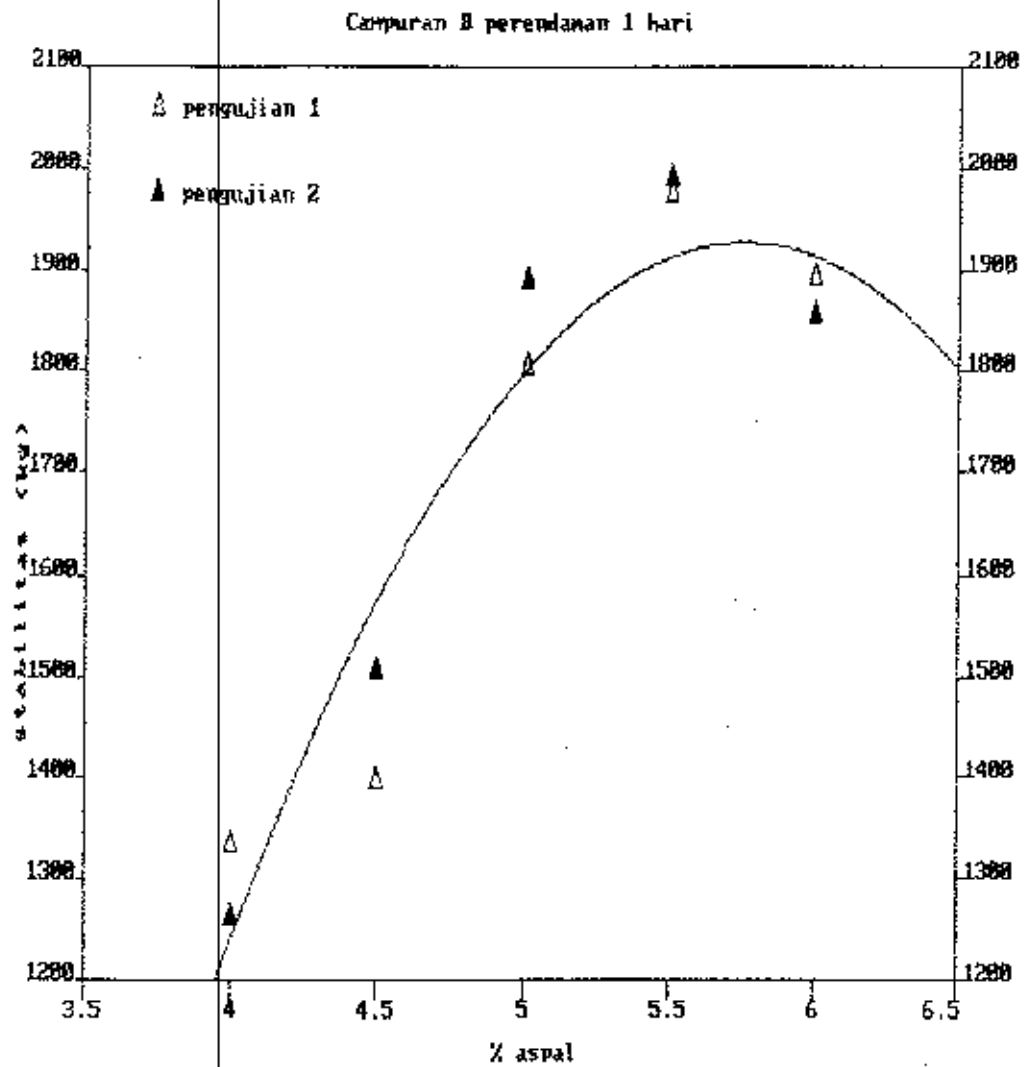
Gambar 4.26 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 2 hari



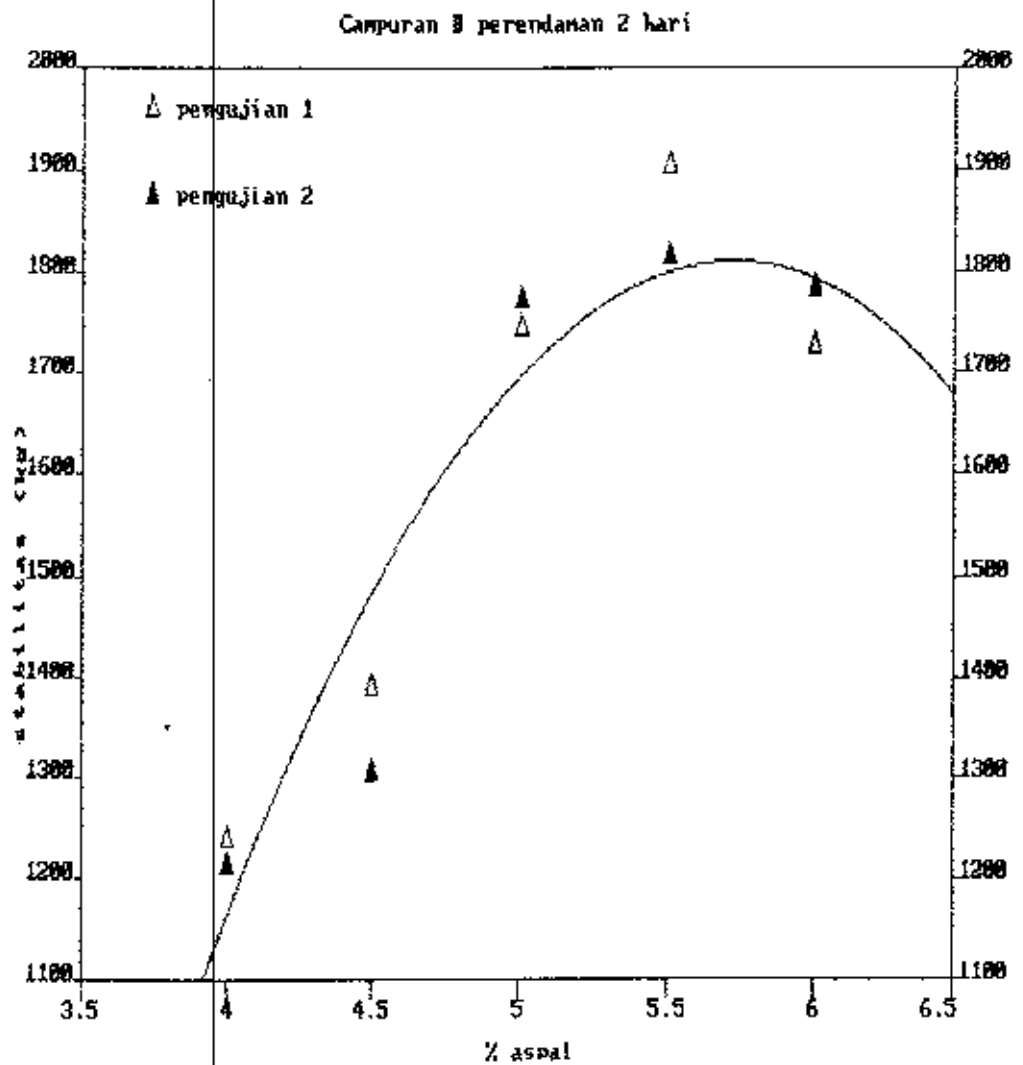
Gambar 4.27 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 3 hari



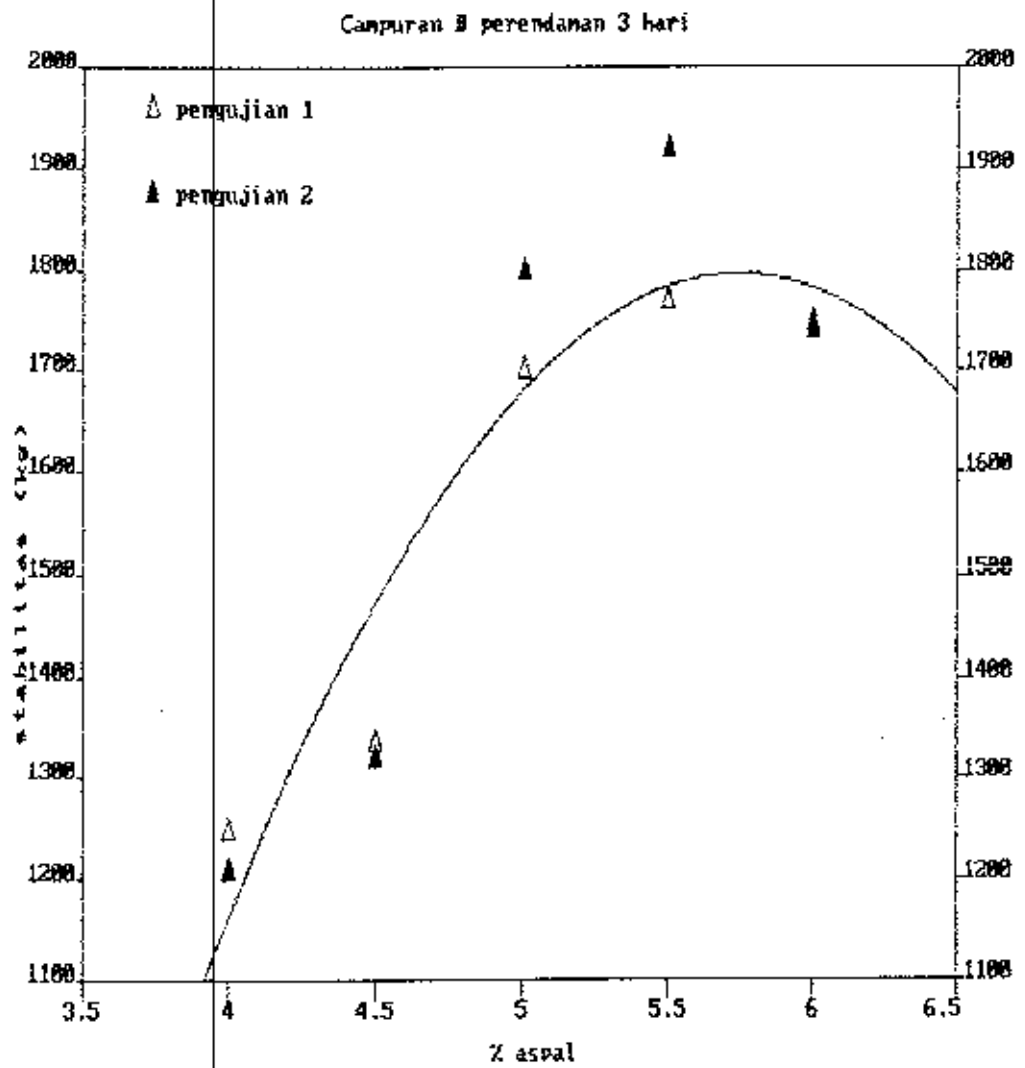
Gambar 4.28 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 7 hari



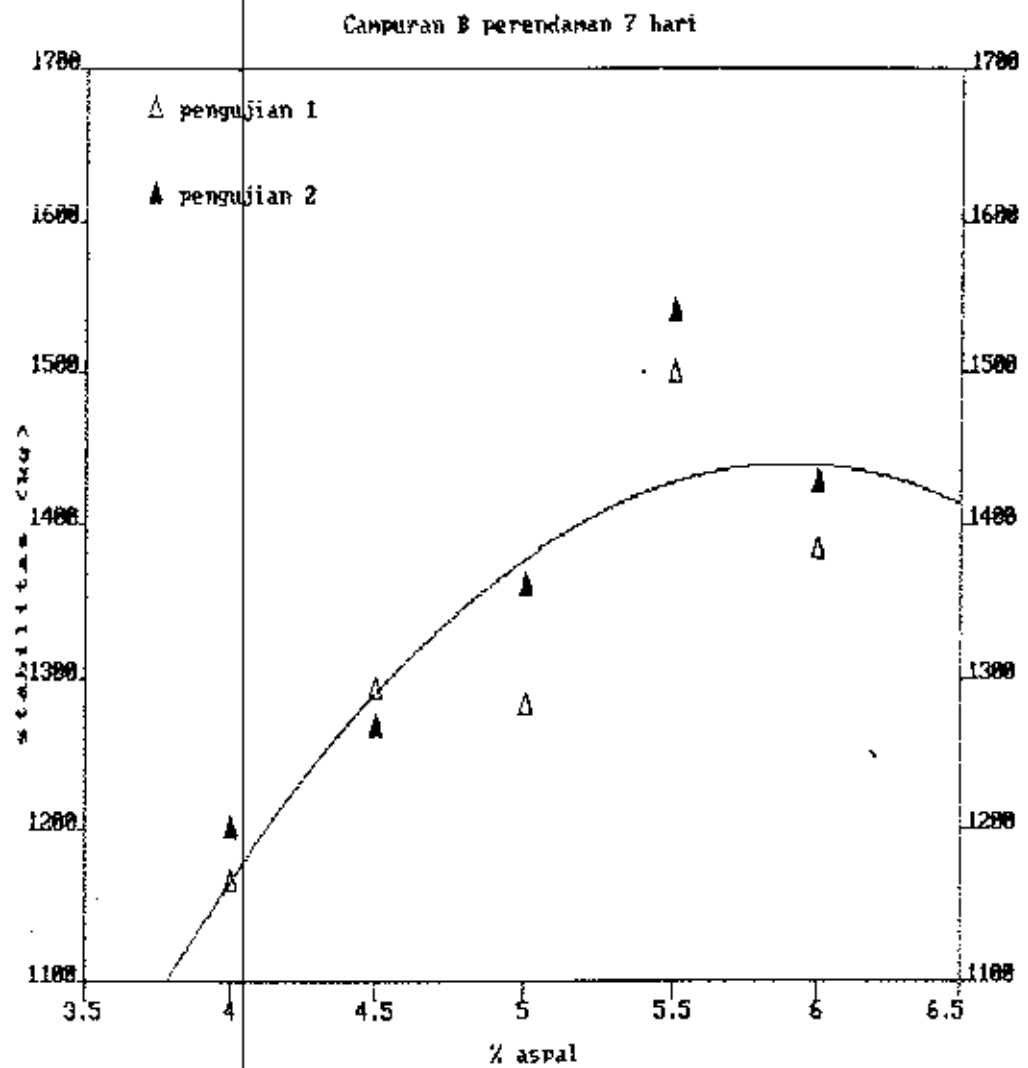
Gambar 4.29 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 1 hari



Gambar 4.30 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 2 hari



Gambar 4.31 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 3 hari



Gambar 4.32 Stabilitas vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 7 hari

mendekati syarat maksimum yang diijinkan, sehingga terdapat sebagian agregat Campuran A yang hancur/pecah selama proses pemadatan.

Adanya variasi perendaman juga berpengaruh terhadap stabilitas campuran yang dihasilkan. Dari Gambar 4.25 sampai Gambar 4.32 dapat dilihat bahwa semakin lama perendaman dilakukan akan menghasilkan stabilitas campuran yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa air cukup berpengaruh pada kelekatan aspal terhadap agregat. Sehingga dengan berkurangnya daya ikat aspal akan mengurangi stabilitas dari campuran tersebut.

4.3.5. FLOW

Nilai flow dari suatu campuran dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah pemakaian aspal didalam campuran, dll. Semakin banyak jumlah aspal yang digunakan akan membuat campuran menjadi semakin lentur. Meningkatnya kelenturan dari suatu campuran akan sebanding dengan meningkatnya nilai flownya.

Adanya variasi perendaman ternyata juga berpengaruh terhadap nilai flow yang dihasilkan.

Semakin lama perendaman dilakukan akan menyebabkan nilai flow yang semakin besar, namun nilai stabilitasnya menjadi semakin kecil. Selanjutnya perubahan nilai flow yang sesuai dengan perubahan kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 4.33 sampai Gambar 4.40.

Sesuai dengan hasil pengujian flow campuran dapat ditentukan range kadar aspal yang memenuhi syarat flow suatu campuran aspal beton seperti dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Analisa Flow Campuran

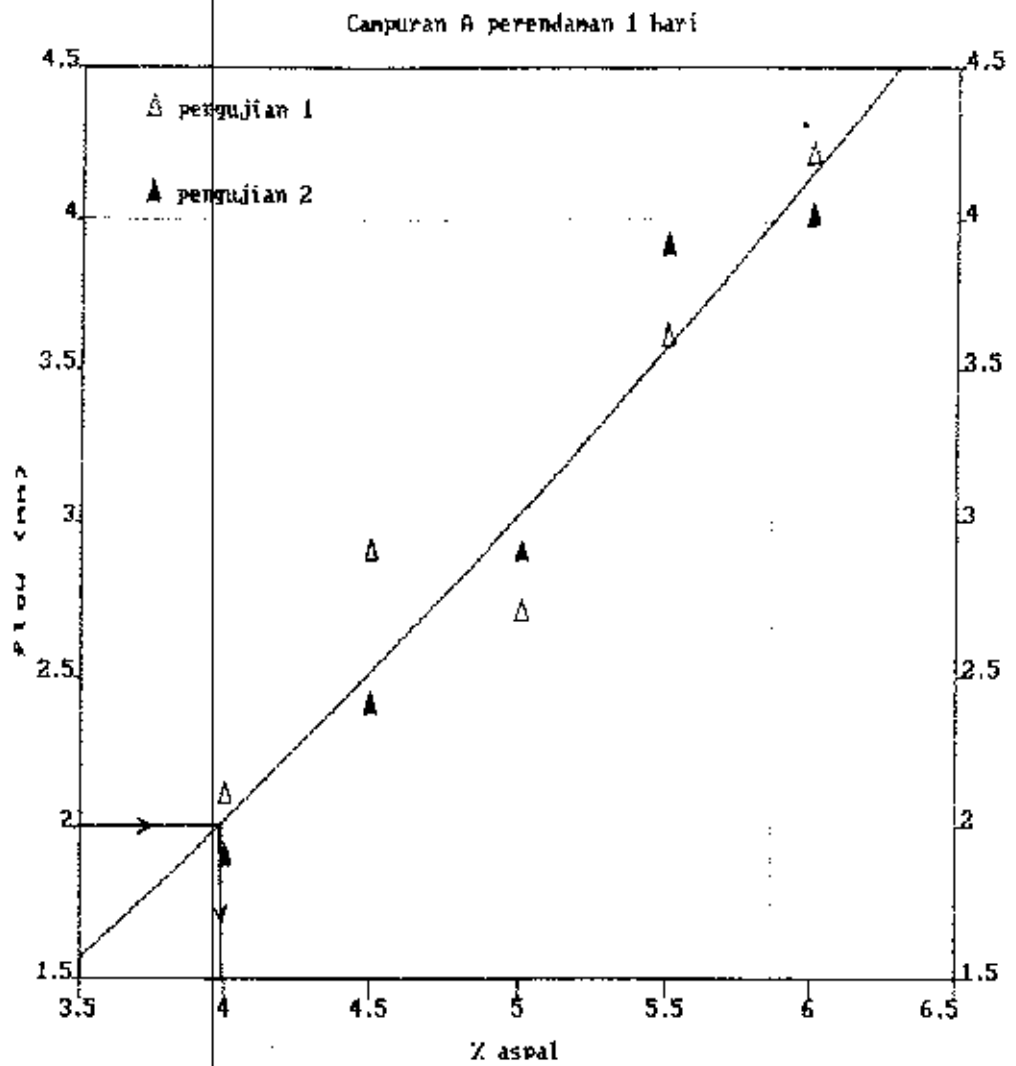
Jenis Campuran Perendaman	Syarat Flow campuran (kg)	Kadar aspal yg. memenuhi %
Campuran A		
1 hari	2 - 4	4.00 - 5.85
2 hari	2 - 4	4.30 - 5.90
3 hari	2 - 4	4.00 - 5.70
7 hari	2 - 4	4.00 - 5.60
Campuran B		
1 hari	2 - 4	4.00 - 6.00
2 hari	2 - 4	4.00 - 6.00
3 hari	2 - 4	4.00 - 6.00
7 hari	2 - 4	4.00 - 5.90

Semakin lama perendaman dilakukan akan menyebabkan nilai flow yang semakin besar. Hal ini disebabkan karena adanya aspal yang terkelupas akibat perendaman. Sehingga aspal tidak lagi berfungsi sebagai pengikat tetapi justru cenderung menjadi pelumas didalam campuran. Selanjutnya perubahan nilai flow yang sesuai dengan perubahan kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 4.33 sampai Gambar 4.40. Sedangkan range kadar aspal yang memenuhi syarat campuran dapat dilihat pada Tabel 4.11.

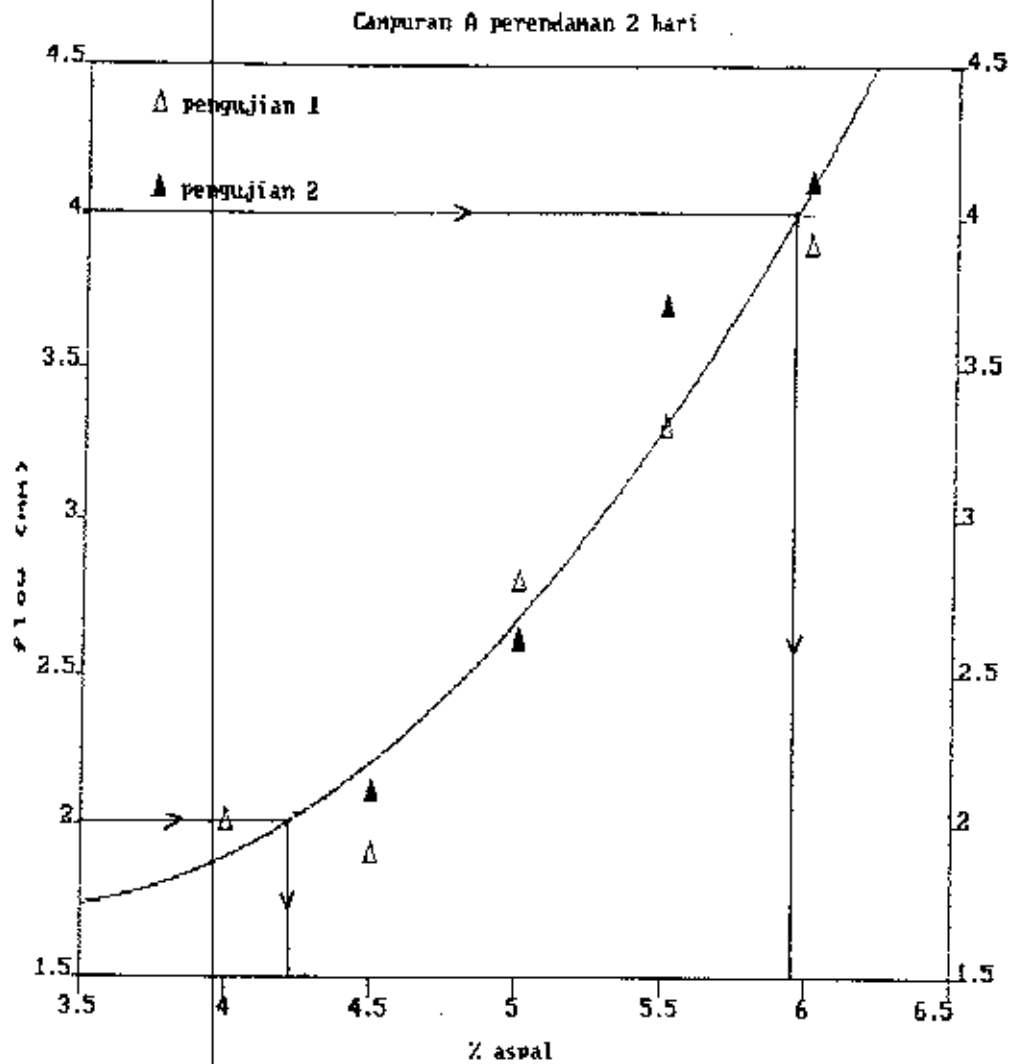
Tabel 4.11 Analisa Flow Campuran

Jenis Campuran Perendaman	Syarat Flow campuran (kg)	Kadar aspal yg. memenuhi %
Campuran A		
1 hari	2 - 4	4.00 - 5.85
2 hari	2 - 4	4.30 - 5.90
3 hari	2 - 4	4.00 - 5.70
7 hari	2 - 4	4.00 - 5.60
Campuran B		
1 hari	2 - 4	4.00 - 6.00
2 hari	2 - 4	4.00 - 6.00
3 hari	2 - 4	4.00 - 6.00
7 hari	2 - 4	4.00 - 5.90

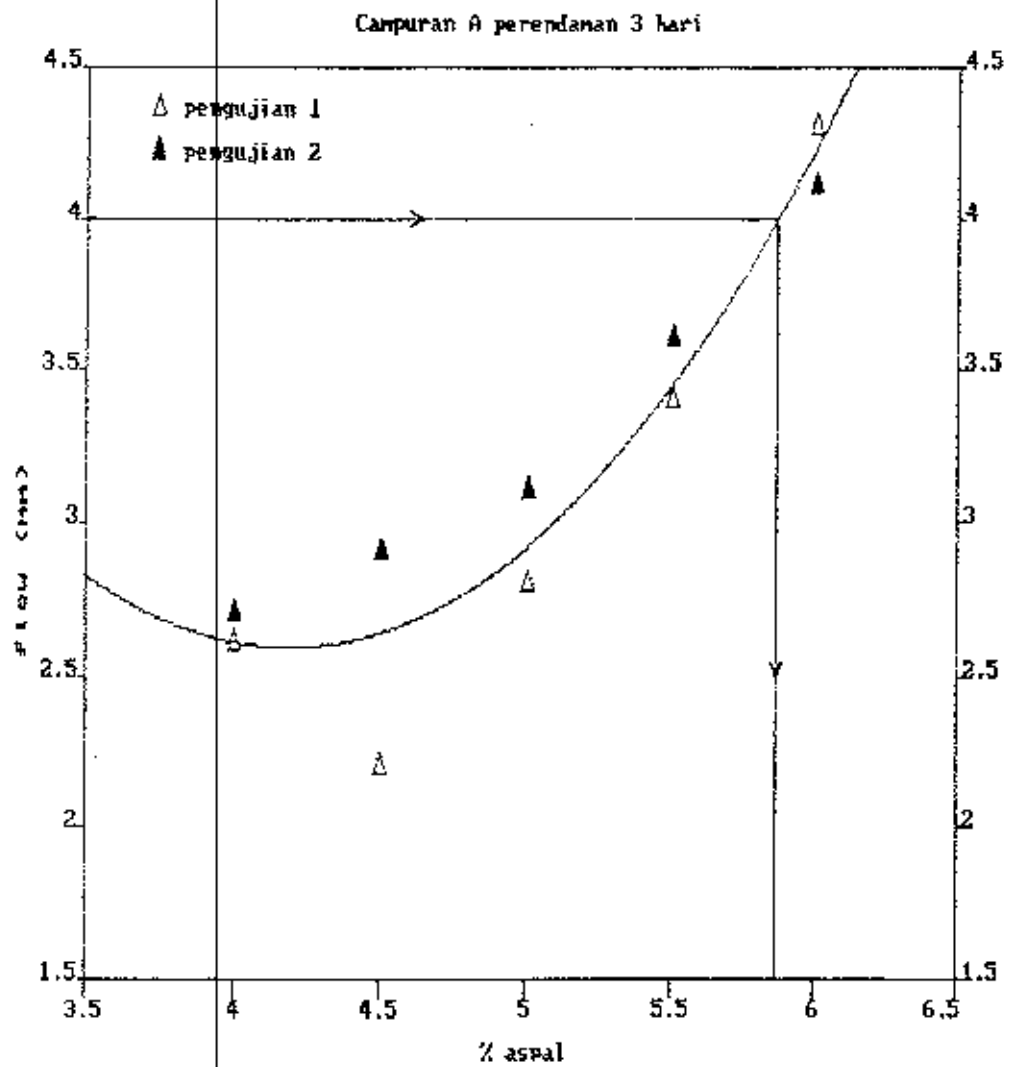
Tugas Akhir



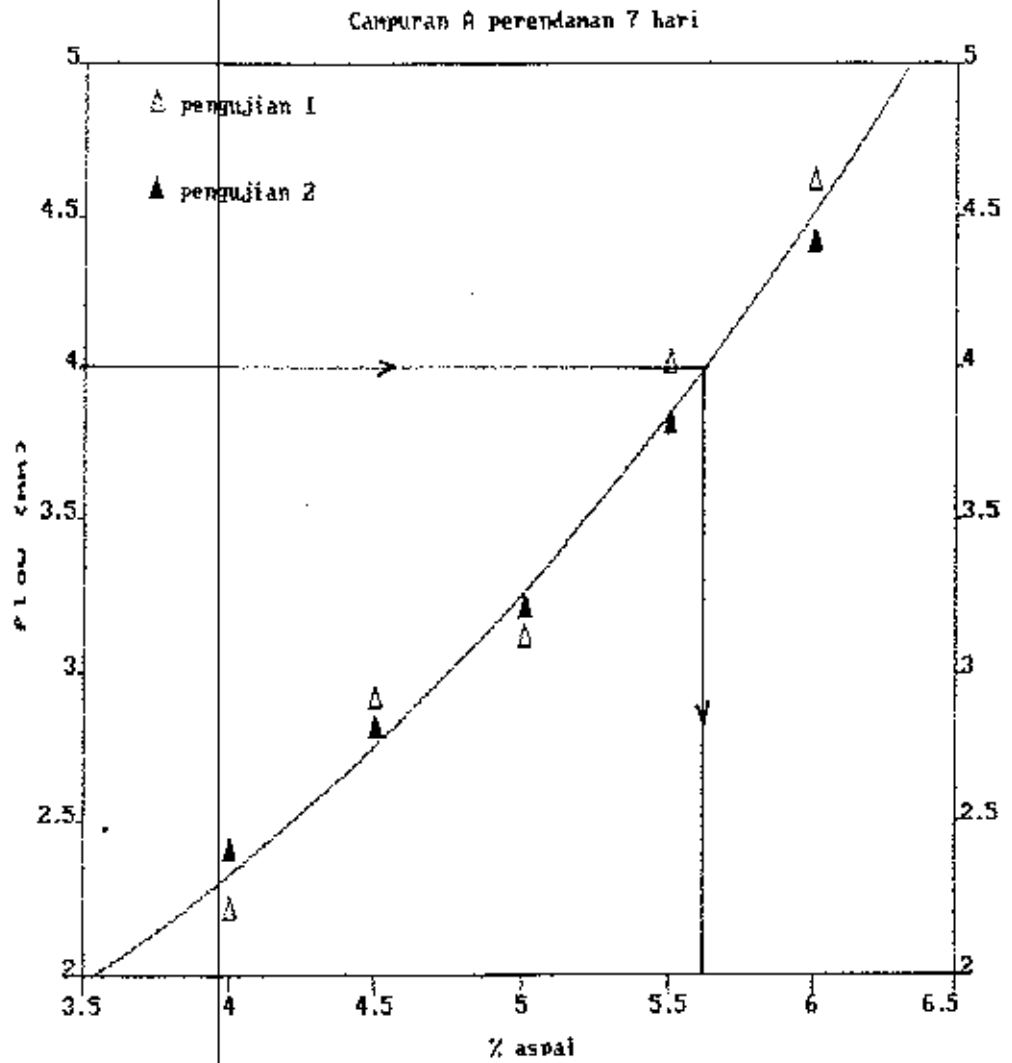
Gambar 4.33 Flow vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 1 hari



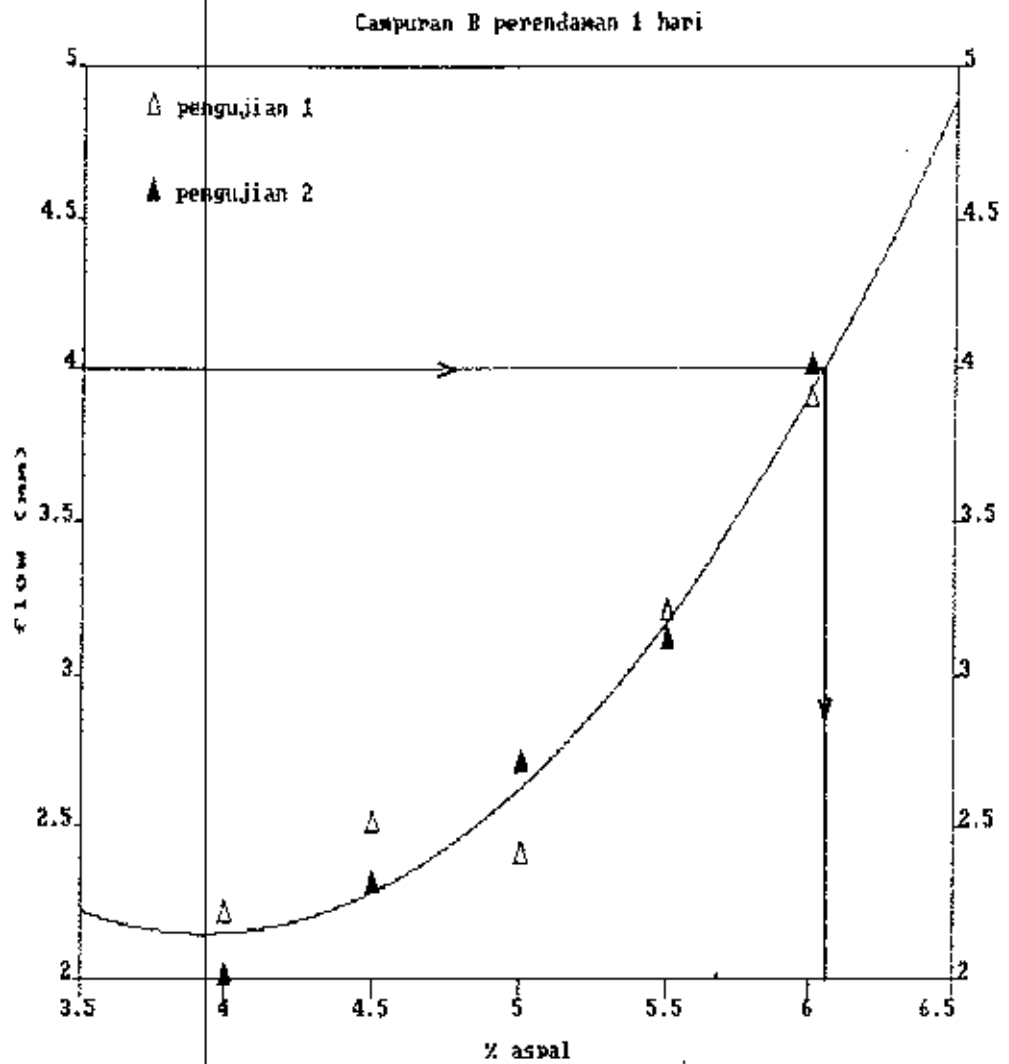
Gambar 4.34 Flow vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 2 hari



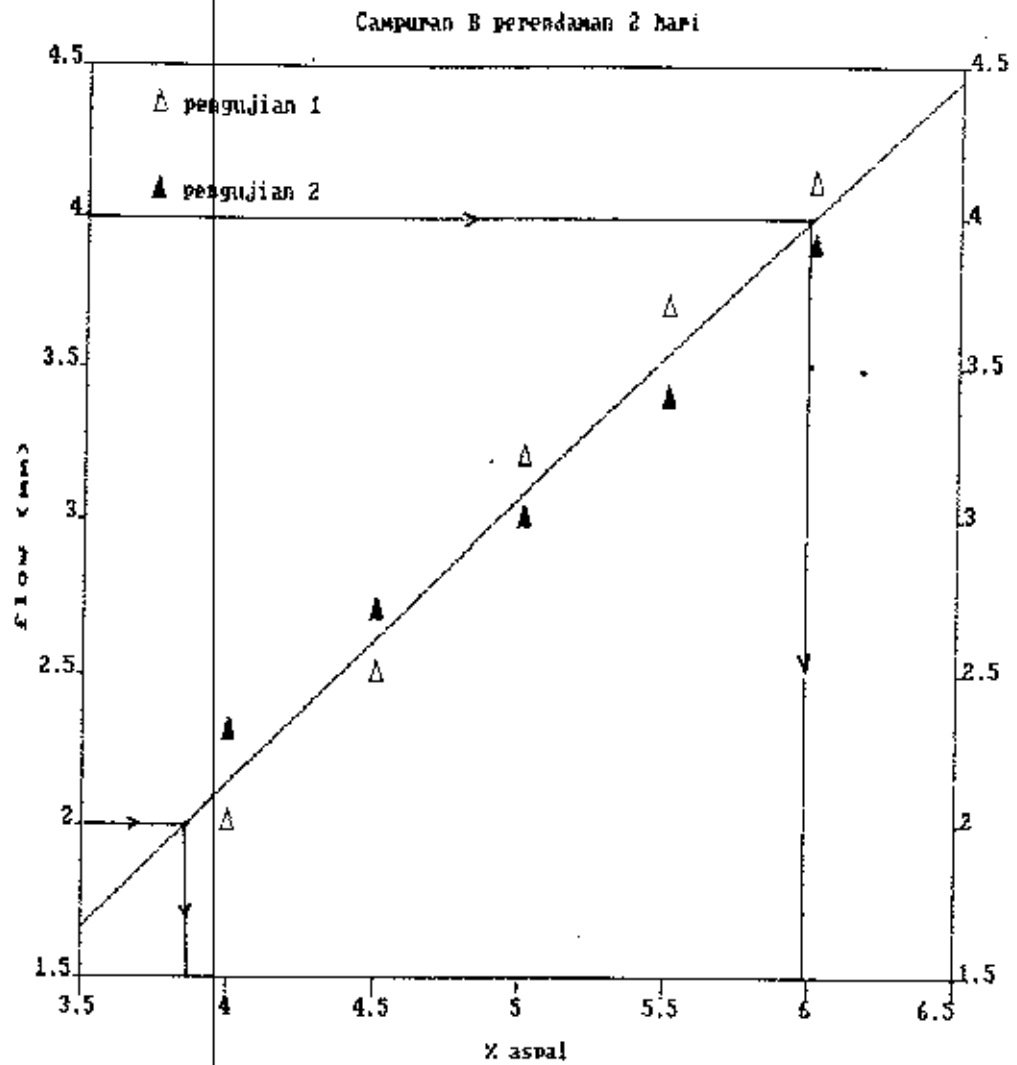
Gambar 4.35 Flow vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 3 hari



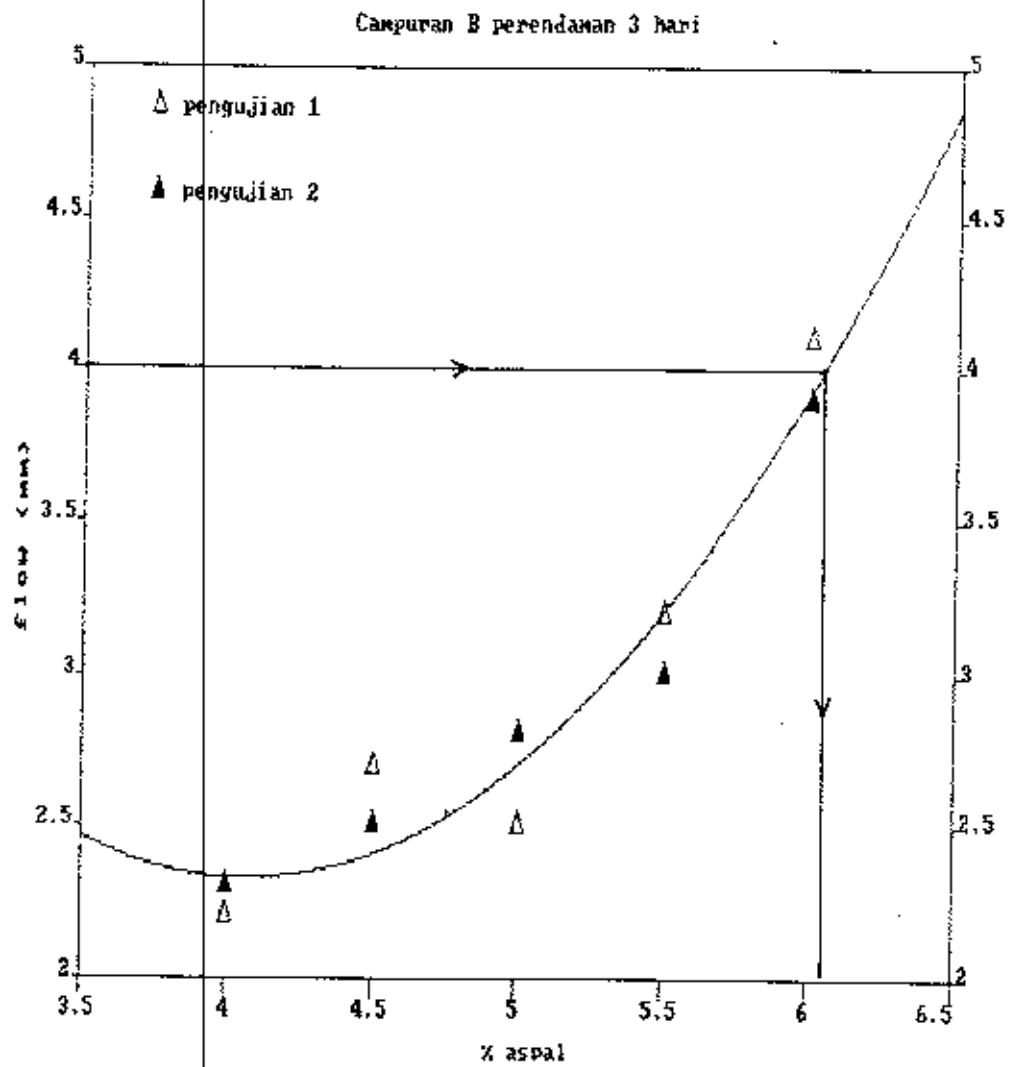
Gambar 4.36 Flow vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 7 hari



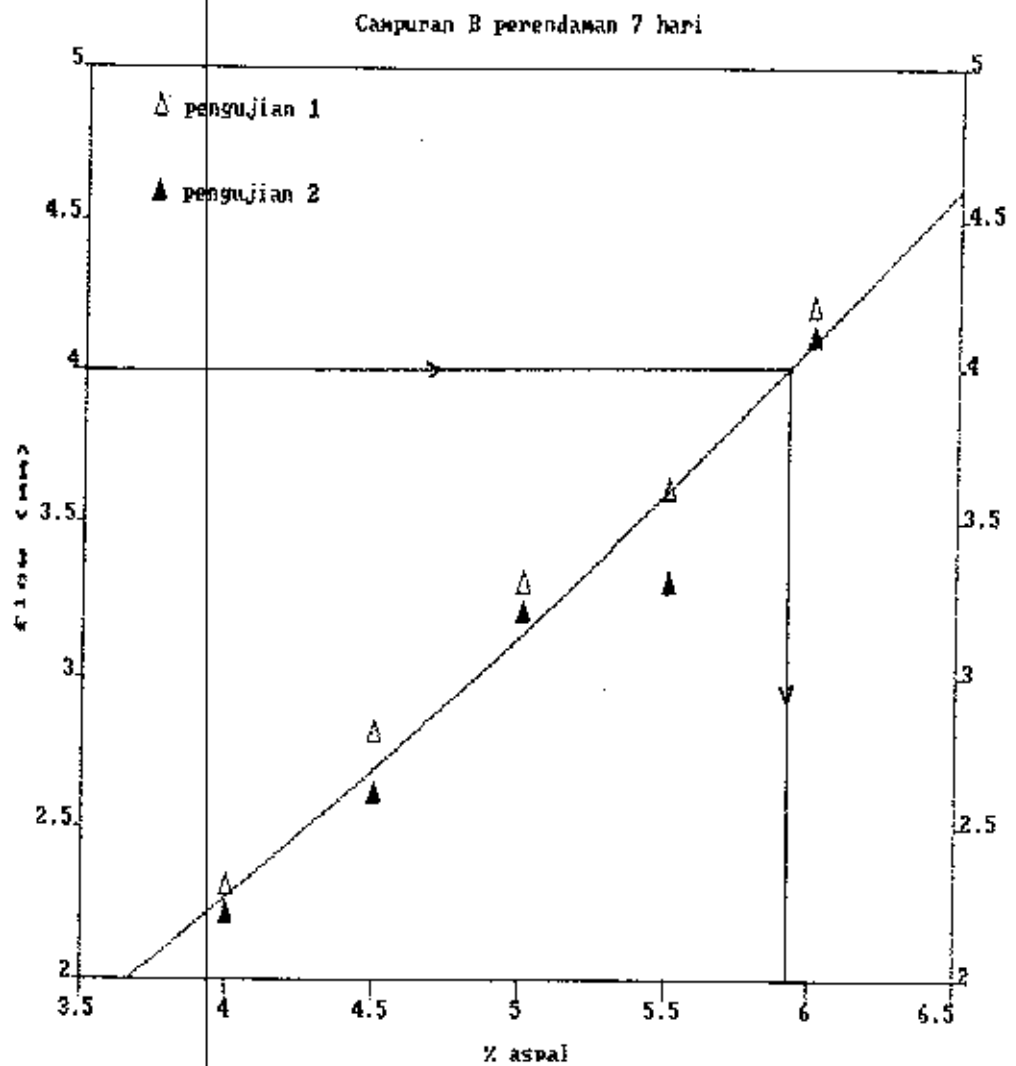
Gambar 4.37 Flow vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 1 hari



Gambar 4.38 Flow vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 2 hari



Gambar 4.39 Flow vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 3 hari



Gambar 4.40 Flow vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 7 hari

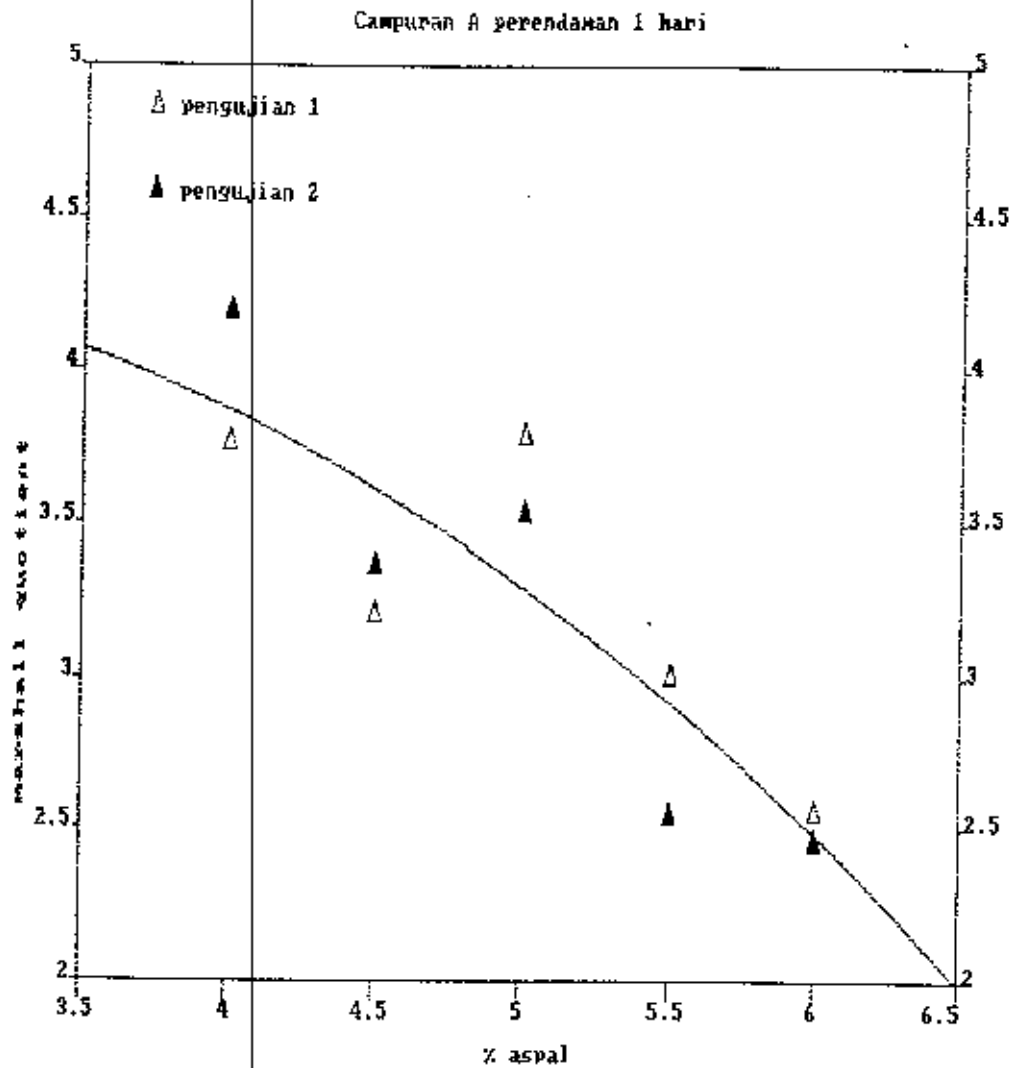
4.3.6. MARSHALL QUOTIENT

Hubungan antara stabilitas dan flow dari suatu campuran ditunjukkan dalam Marshall Quotient yaitu perbandingan antara stabilitas dan flow, yang dinyatakan dalam kN/mm.

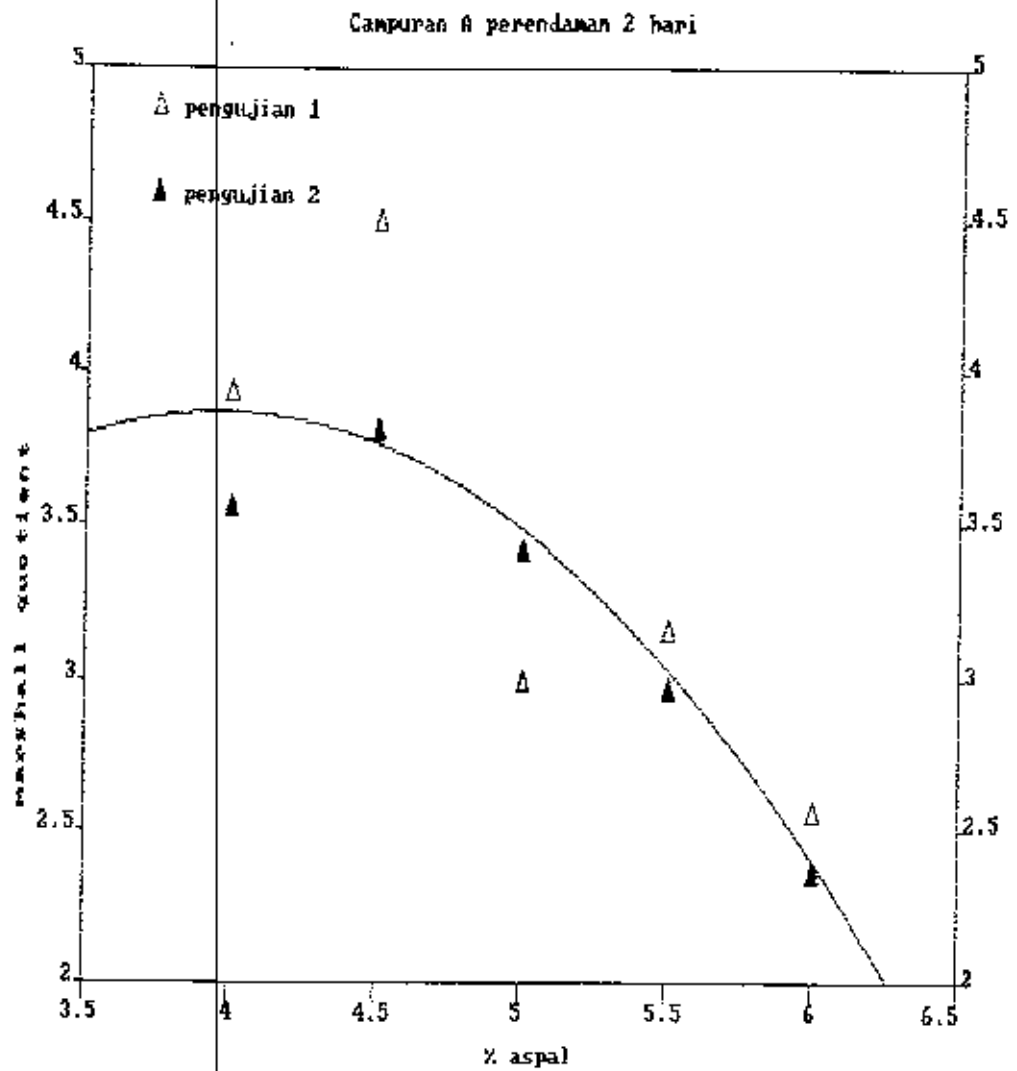
Ditinjau dari segi kekuatan, stabilitas yang tinggi sangat penting dalam perencanaan. Namun jika flow dari campuran itu kecil akan menghasilkan campuran yang getas sehingga akan mudah mengalami retak/crack. Selanjutnya perubahan nilai Marshall Quotient yang sesuai dengan perubahan kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 4.41 sampai Gambar 4.48.

4.3.7. KADAR ASPAL OPTIMUM

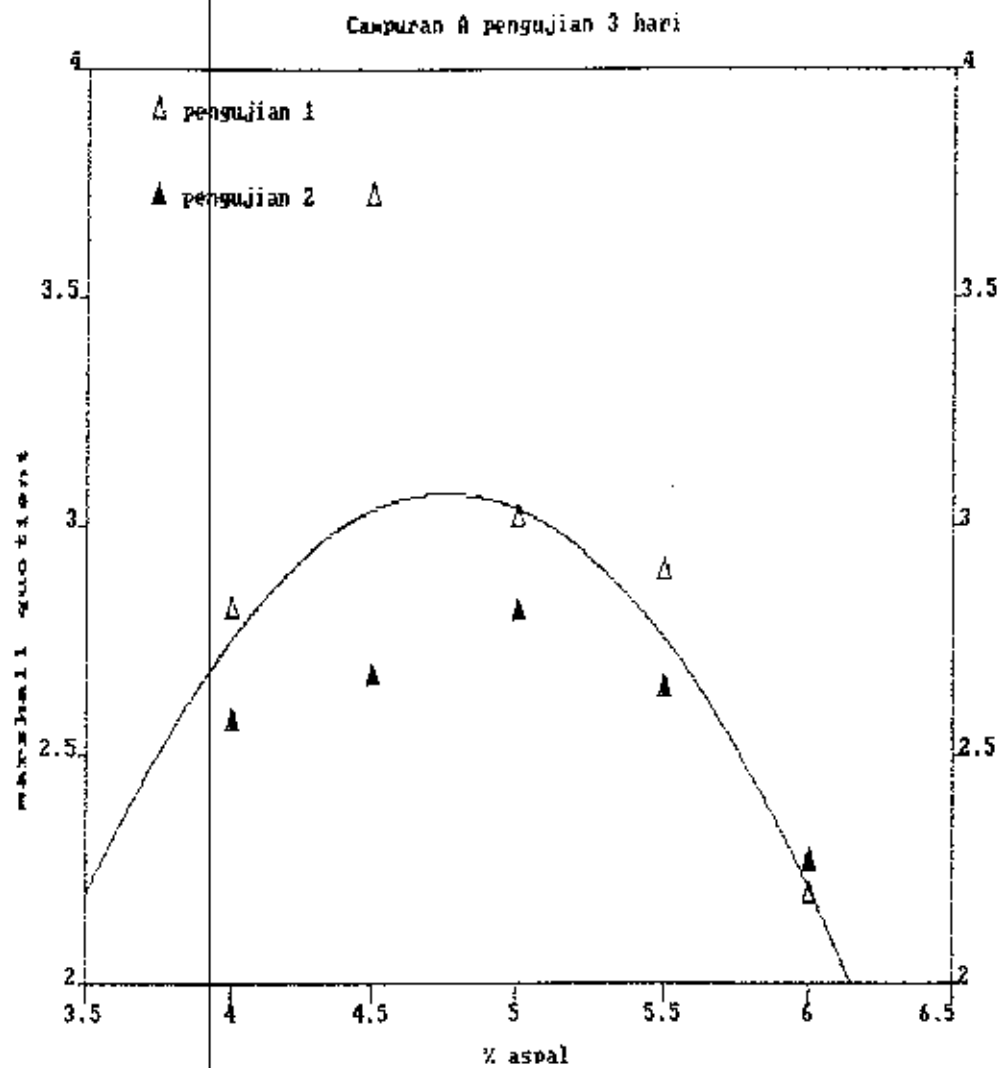
Penentuan persen kadar aspal optimum didasarkan atas persen kadar aspal yang memenuhi masing-masing syarat campuran seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.49 sampai Gambar 4.56. Selanjutnya range kadar aspal yang memenuhi seluruh syarat campuran untuk masing-masing campuran dan masing-masing perendaman dapat dilihat pada Tabel 4.12.



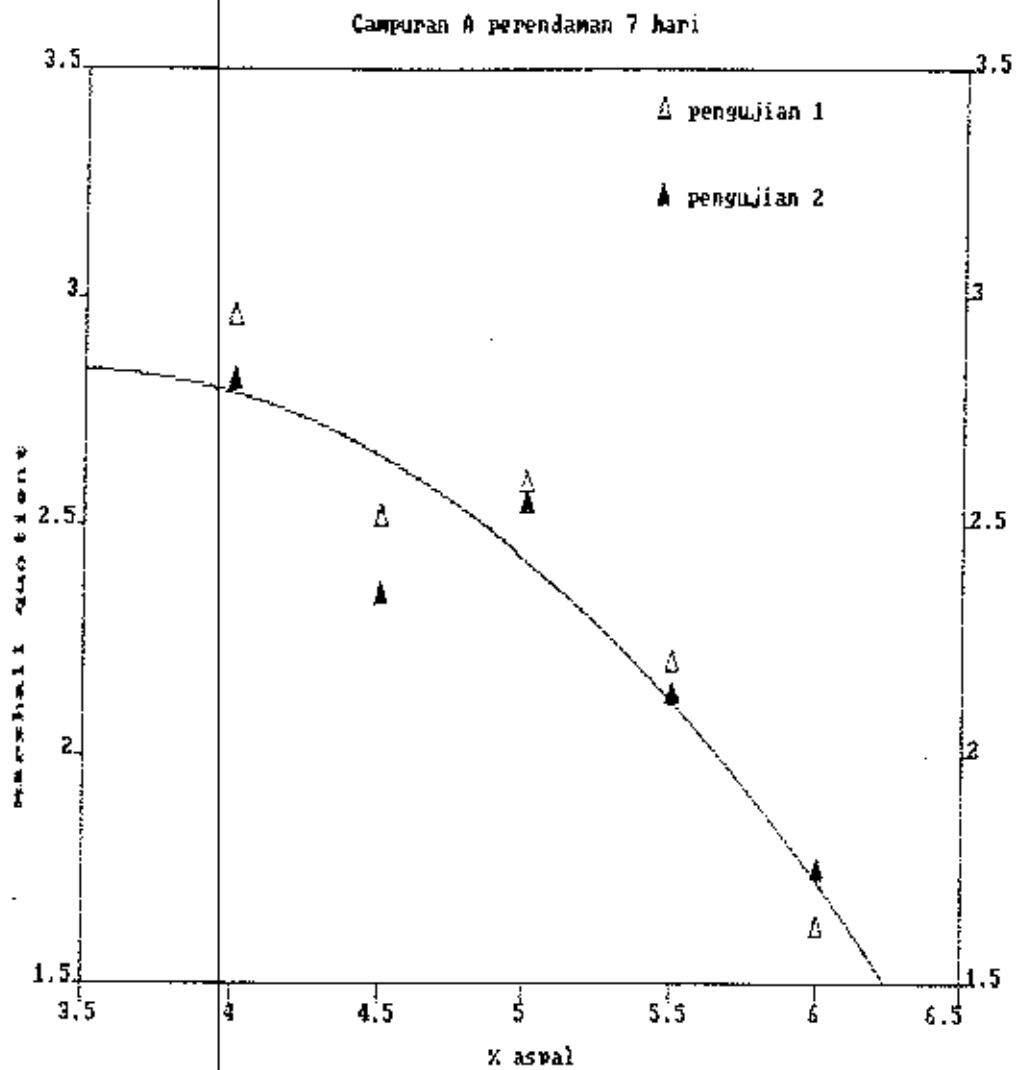
Gambar 4.41 Marshall Quetient vs Kadar aspal pada
Campuran A dengan perendaman 1 hari



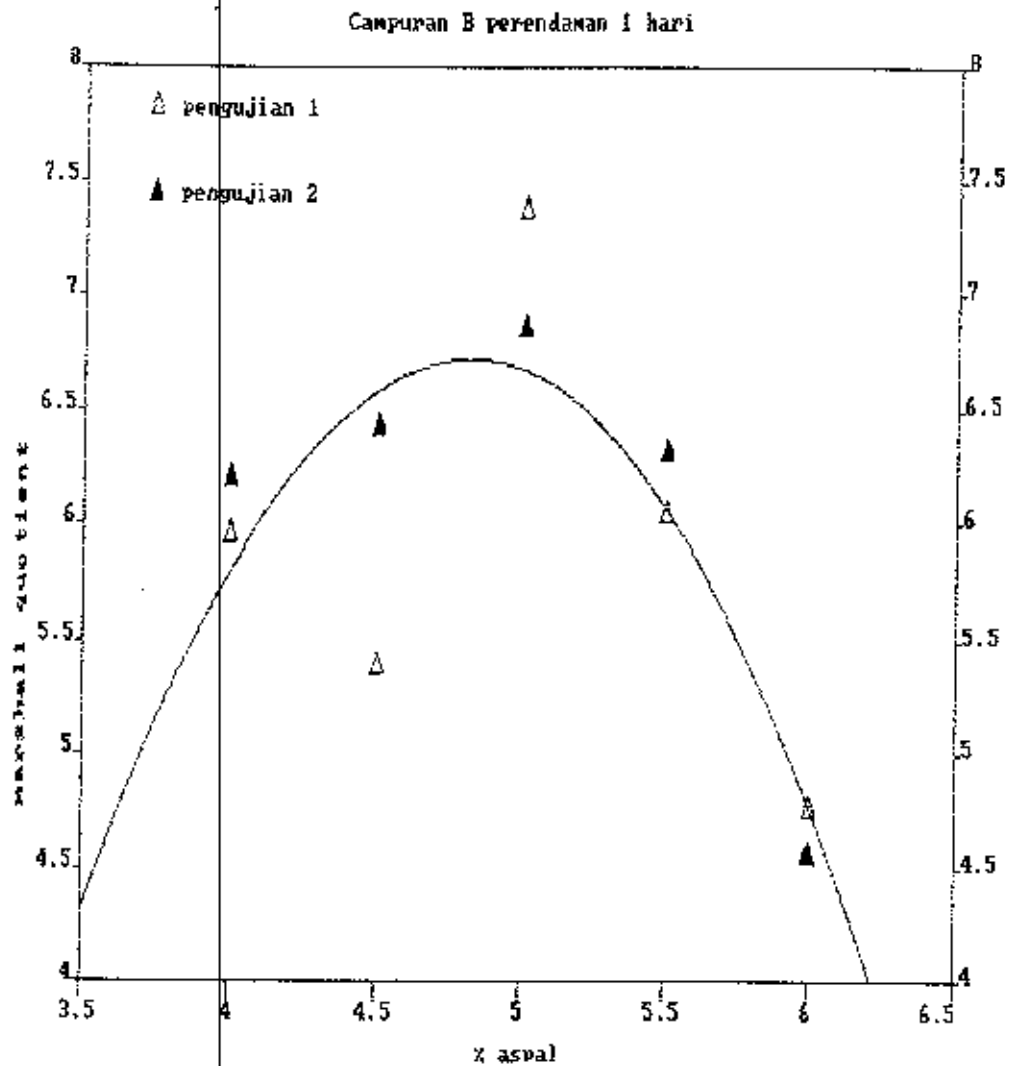
Gambar 4.42 Marshall Quotient vs Kadar aspal pada
Campuran A dengan perendaman 2 hari



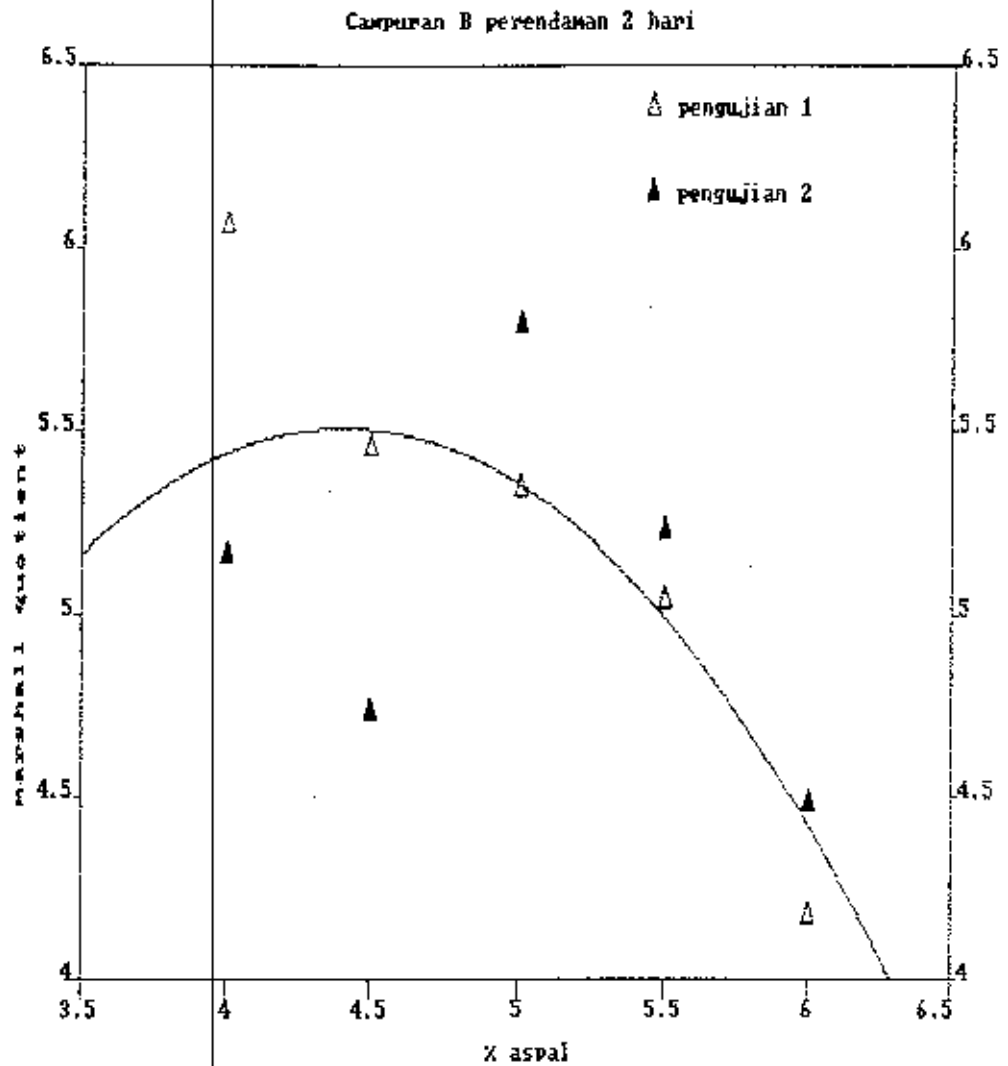
Gambar 4.43 Marshall Quotient vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 3 hari



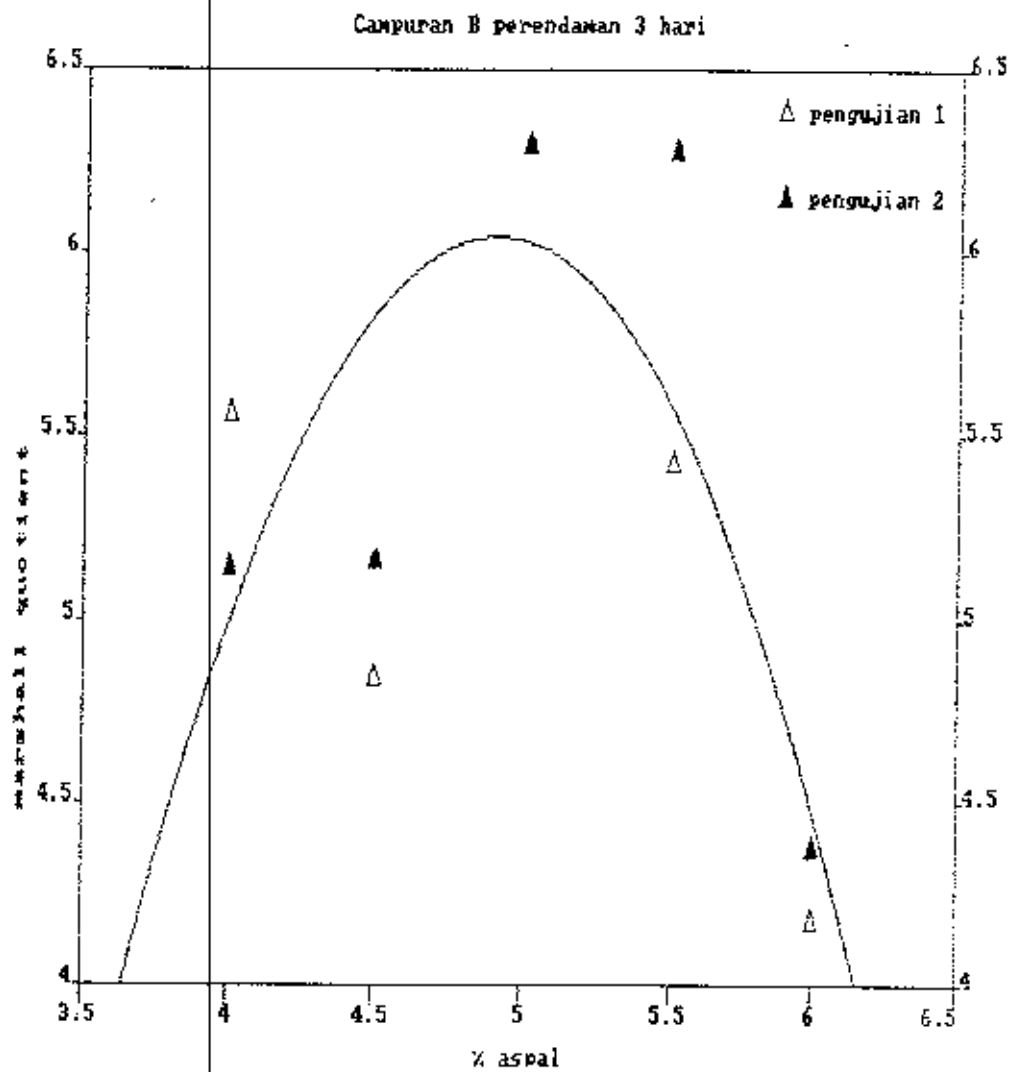
Gambar 4.44 Marshall Quotient vs Kadar aspal pada Campuran A dengan perendaman 7 hari



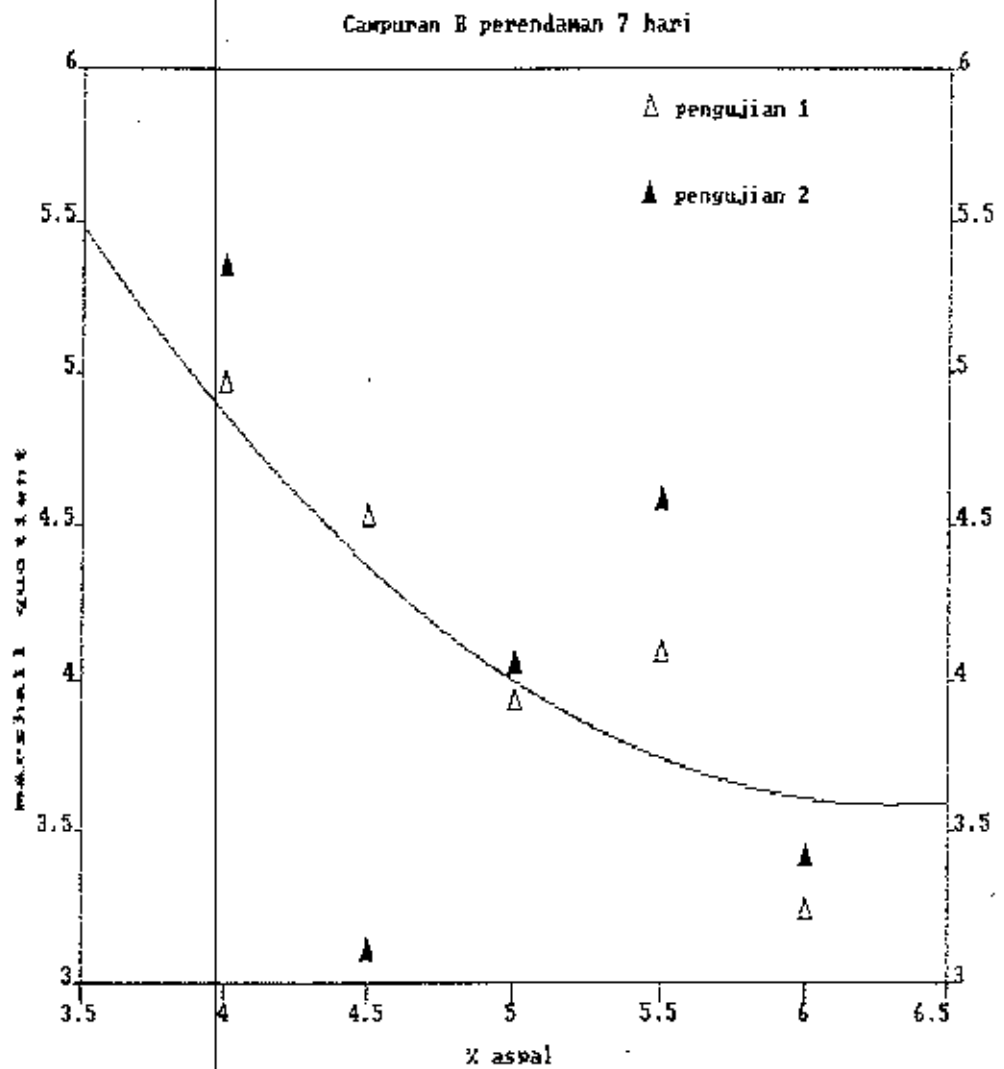
Gambar 4.45 Marshall Quotient vs Kadar aspal pada
Campuran B dengan perendaman 1 hari



Gambar 4.48 Marshall Quotient vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 2 hari

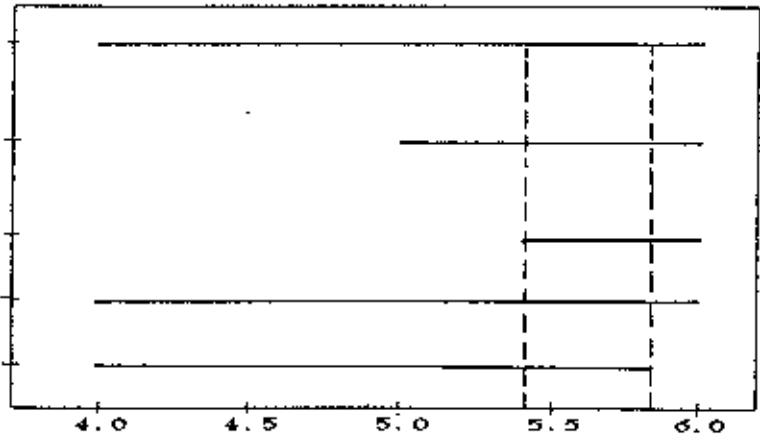


Gambar 4.47 Marshall Quotient vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 3 hari



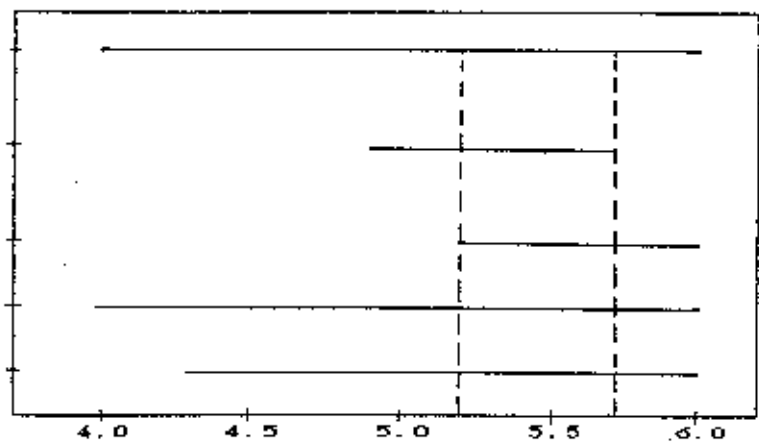
Gambar 4.48 Marshall Quotient vs Kadar aspal pada Campuran B dengan perendaman 7 hari

kepadatan
%rongga dlm
campuran
%rongga te
risi aspal
stabilitas
flow

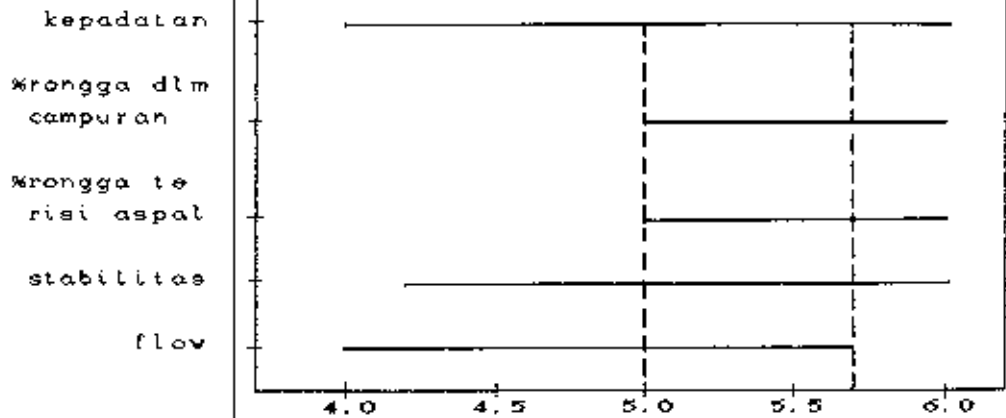


Gambar 4.49 Analisa Kadar aspal Optimum pada
Campuran A dengan perendaman 1 hari

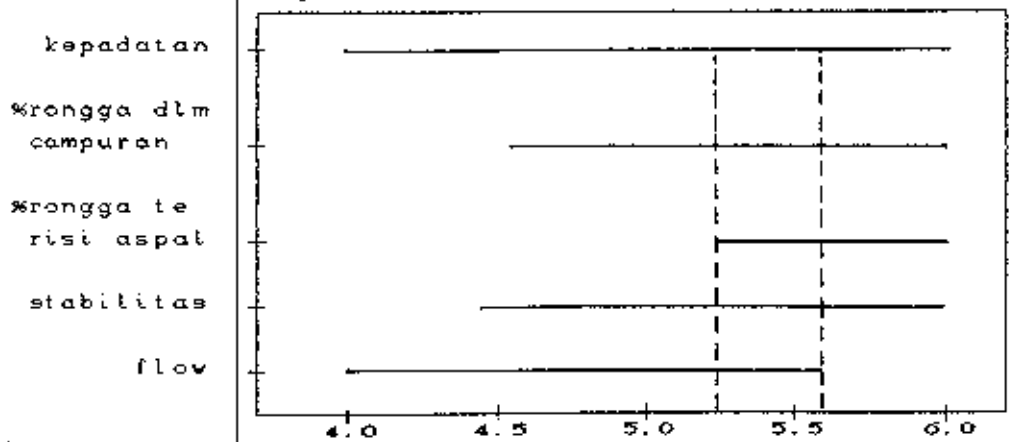
kepadatan
%rongga dlm
campuran
%rongga te
risi aspal
stabilitas
flow



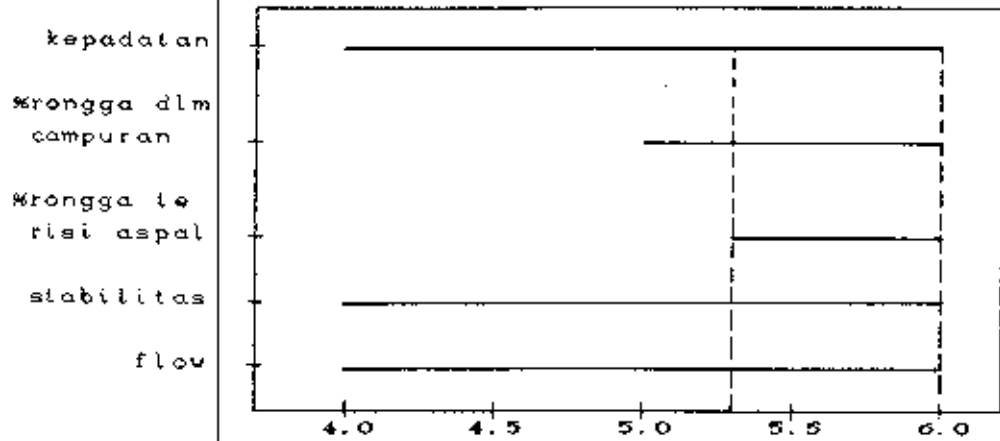
Gambar 4.50 Analisa Kadar aspal Optimum pada
Campuran A dengan perendaman 2 hari



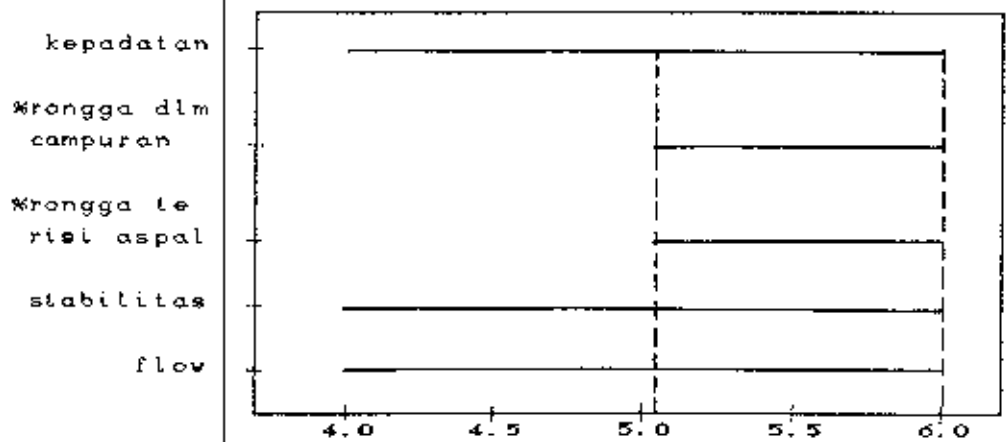
Gambar 4.51 Analisa Kadar aspal Optimum pada Campuran A dengan perendaman 3 hari



Gambar 4.52 Analisa Kadar aspal Optimum pada Campuran A dengan perendaman 7 hari

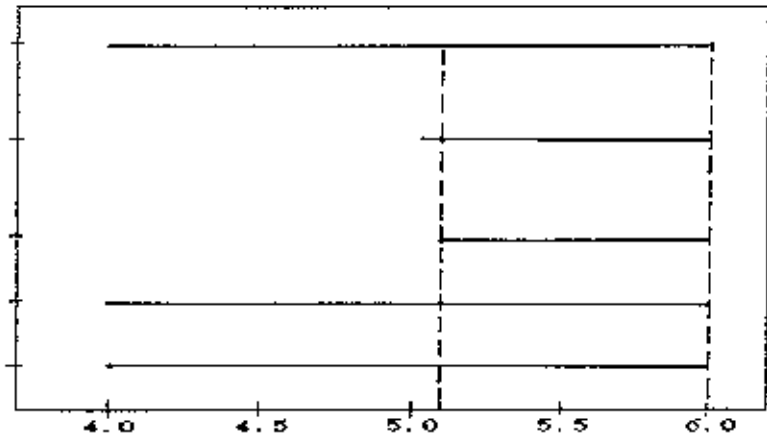


Gambar 4.53 Analisa Kadar aspal Optimum pada
Campuran B dengan perendaman 1 hari



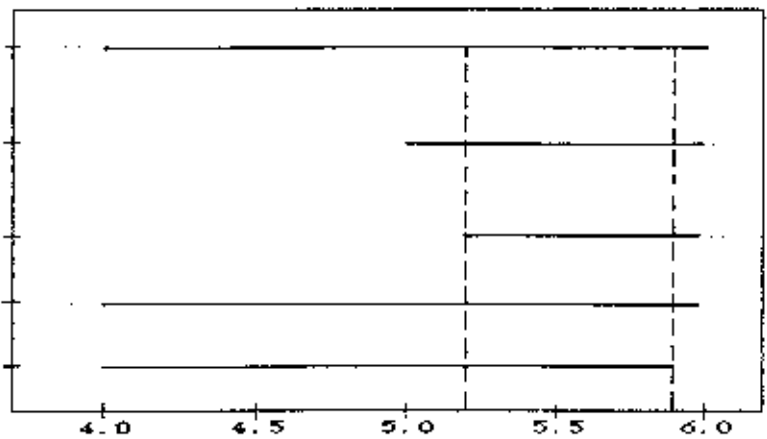
Gambar 4.54 Analisa Kadar aspal Optimum pada
Campuran B dengan perendaman 2 hari

kepadatan
%rongga dlm
campuran
%rongga te
risi aspal
stabilitas
flow



Gambar 4.55 Analisa Kadar aspal Optimum pada
Campuran B dengan perendaman 3 hari

kepadatan
%rongga dlm
campuran
%rongga te
risi aspal
stabilitas
flow



Gambar 4.56 Analisa Kadar aspal Optimum pada
Campuran B dengan perendaman 7 hari

Tabel 4.12 Range Kadar Aspal sesuai syarat campuran

Jenis Campuran	Perendaman	Kadar aspal yang memenuhi
Campuran A	1 hari	5.40 - 5.85
Campuran A	2 hari	5.20 - 5.70
Campuran A	3 hari	5.00 - 5.70
Campuran A	7 hari	5.25 - 5.60
Campuran B	1 hari	5.30 - 6.00
Campuran B	2 hari	5.05 - 6.00
Campuran B	3 hari	5.10 - 6.00
Campuran B	7 hari	5.20 - 5.90

Dari Tabel 4.12 diatas dapat dilihat bahwa dari beberapa variasi perendaman yang dilakukan menghasilkan range kadar aspal yang tidak banyak berbeda. Hal ini berarti bahwa pengaruh perendaman terhadap campuran secara keseluruhan tidak banyak berpengaruh terhadap banyaknya aspal yang dibutuhkan agar campuran tersebut memenuhi syarat sebagai bahan lapisan aspal beton.

Kadar aspal optimum masing-masing campuran ditentukan berdasarkan nilai tengah dari range kadar aspal yang memenuhi syarat campuran pada kondisi perendaman standard yaitu satu hari (\pm 24 jam). Maka untuk Campuran A dapat ditentukan kadar aspal optimumnya sebesar 5.625% (diambil 5.6%), dan untuk Campuran B kadar aspal optimumnya sebesar 5.65% (diambil 5.6%).

BAB V

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR

5.1. ASUMSI PERENCANAAN

Dalam perencanaan tebal perkerasan lentur ini ditentukan beberapa asumsi perencanaan seperti :

- a. Umur rencana jalan 20 tahun dengan awal pelaksanaan pembangunan jalan pada Tahun 1993 dan awal dibukanya jalan pada Tahun 1996.
- b. Pertumbuhan lalu lintas rata rata sebesar 2% pertahun.
- c. Jalan yang direncanakan merupakan jalan arteri yang mempunyai 2 (dua) jalur dan 2 (dua) arah.

5.2. DATA PERENCANAAN

Data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur ini merupakan hasil dari pengujian langsung di laboratorium maupun dari asumsi perencanaan berdasarkan pengujian atau perhitungan oleh laboratorium perhubungan ITS.

5.2.1. LALU LINTAS RENCANA

Data lalu lintas yang akan dipergunakan dalam perencanaan ini merupakan asumsi berdasarkan kesamaan

kondisi rata rata untuk daerah industri. Data lalu lintas ini diperoleh dari hasil survey counting oleh Laboratorium Perhubungan ITS untuk kondisi lalu lintas berat di daerah Tambak Osowilangun (Jalan Gresik) Tahun 1993.

Hasil survey counting dinyatakan dalam Lalu lintas Harian Rata rata (LHR) sebagai berikut :

- kendaraan ringan (1.1) = 5963 kend/hari/arah
- Bus (1.2) = 519 kend/hari/arah
- Truk kecil (1.2L) = 620 kend/hari/arah
- Truk besar (1.22) = 1528 kend/hari/arah
- Trailer = 551 kend/hari/arah

5.2.2. TANAH DASAR

Jenis tanah dasar yang umum terdapat di daerah Bangkalan Madura adalah tanah lempung berpasir dan tanah lempung (tanah merah). Data CBR untuk tanah dasar ini diperoleh dari hasil test CBR yang dilakukan oleh laboratorium Mekanika Tanah ITS pada tahun 1991, yaitu sebesar 8.66% untuk jenis tanah lempung berpasir dan 2.9% untuk jenis tanah lempung/tanah merah (lampiran b).

5.2.3. BAHAN LAPIS PERKERASAN

5.2.3.1. LAPIS PERMUKAAN (SURFACE COURSE)

Besarnya kekuatan bahan lapis permukaan ini ditentukan berdasarkan hasil uji tekan Marshall di laboratorium, yaitu berdasarkan kadar aspal optimum dari masing masing campuran. Nilai Marshall ini diambil dari hasil test Marshall untuk masing-masing campuran pada perendaman standard yaitu satu hari (± 24 jam). Untuk Campuran A dengan kadar aspal optimum 5.8 % memberikan nilai Marshall (MS) = 1110 kg. Sedangkan untuk Campuran B dengan kadar aspal optimum 5.6 % memberikan nilai MS = 1925 kg.

5.2.3.2. LAPIS PONDASI ATAS (BASE COURSE)

Lapis pondasi atas direncanakan menggunakan bahan batu pecah (base course kelas A) dari daerah Pandaan Pasuruan. Data CBR untuk bahan lapis pondasi atas ini didapat dari hasil pengujian CBR oleh Laboratorium Perhubungan ITS, yaitu sebesar 83.73% (lampiran b).

5.2.3.3. LAPIS PONDASI BAWAH (SUBBASE COURSE)

Lapis pondasi bawah direncanakan menggunakan bahan sirtu dari daerah Burneh Bangkalan, dengan harga CBR sebesar 50.84% (lampiran b).

5.3. PERHITUNGAN

Langkah-langkah dalam perhitungan tebal perkerasan lentur meliputi penentuan Lintas Ekuivalen Rencana, Koefisien Kekuatan Relatif dan tebal masing-masing lapis perkerasan baik yang menggunakan laston dengan bahan batu kapur Madura maupun yang menggunakan laston dengan bahan batu hitam Pandaan untuk lapis permukaannya serta dari dua variasi jenis tanah dasar yang berbeda.

5.3.1. LINTAS EKI VALEN RENCANA

- a. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada awal umur rencana (1996).

Tahun 1993-1996	$i = 2\%$	$n = 3$	
- Kend. ringan	$= 5953 * 1.061$	$= 6326.7$	
- Bus	$= 529 * 1.061$	$= 550.7$	
- Truk kecil	$= 630 * 1.061$	$= 668.4$	
- Truk besar	$= 1526 * 1.061$	$= 1619.1$	
- Trailer	$= 551 * 1.061$	$= 584.6$	

- b. LHR pada akhir umur rencana (2016)

Tahun 1996-2016	$i = 2\%$	$n = 20$	
- Kend. ringan	$= 6326.7 * 1.486$	$= 9401.5$	
- Bus	$= 550.7 * 1.486$	$= 818.3$	
- Truk kecil	$= 668.4 * 1.486$	$= 993.2$	

- Truk besar = $1619.1 * 1.486 = 2513.0$
- Trailer = $584.6 * 1.486 = 868.7$

c. Angka Ekuivalen masing-masing Kendaraan.

Seperti dalam Tabel 2.8 angka ekuivalen masing-masing kendaraan dapat ditentukan sebagai berikut :

- Kend. ringan = 0.0004
- Bus = 0.3006
- Truk kecil = 0.2174
- Truk besar = 2.7416
- Trailer = 4.9283

d. Lintas Ekuivalen Permulaan

$$LEP = LHR_i * C * E$$

- Kend. ringan = $6326.7 * 0.5 * 0.0004 = 1.27$
- Bus = $550.7 * 0.5 * 0.3006 = 82.77$
- Truk kecil = $668.4 * 0.5 * 0.2174 = 72.66$
- Truk besar = $1619.1 * 0.5 * 2.7416 = 2219.46$
- Trailer = $584.6 * 0.5 * 4.9283 = 1440.54$

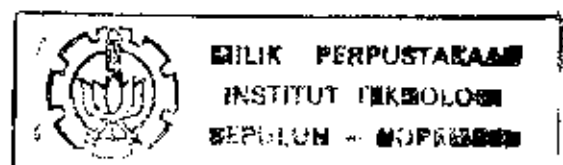
$$\text{Total LEP} = 3786.70$$

e. Lintas Ekuivalen Akhir

$$LEA = LHR_f * C * E$$

- Kend. ringan = $9401.5 * 0.5 * 0.0004 = 1.88$
- Bus = $818.3 * 0.5 * 0.3006 = 122.99$

Tugas Akhir



$$\begin{aligned}
 - \text{Truk kecil} &= 993.2 * 0.5 * 0.2174 = 107.96 \\
 - \text{Truk besar} &= 2513.0 * 0.5 * 2.7416 = 3444.82 \\
 - \text{Trailer} &= 868.7 * 0.5 * 4.9283 = 2140.61 \\
 \text{Total LEA} &= 5818.26
 \end{aligned}$$

f. Lintas Ekuivalen Tengah

$$\begin{aligned}
 \text{LET} &= 0.5 * (\text{LEP} + \text{LEA}) \\
 &= 0.5 * (3786.7 + 5818.26) \\
 &= 4802.48
 \end{aligned}$$

g. Lintas Ekuivalen Rencana

$$\begin{aligned}
 \text{LER} &= \text{LET} * (\text{UR} / 10) \\
 &= 4802.48 * (20 / 10) \\
 &= 9604.96
 \end{aligned}$$

5.3.2. KOEFISIEN KEKUATAN RELATIF

Koefisien kekuatan relatif bahan ditentukan sesuai dengan Tabel 2.11, Tabel 2.12 dan Tabel 2.13. Besarnya koefisien kekuatan masing-masing bahan lapis perkerasan tersebut adalah sebagai berikut :

- Sirtu untuk bahan subbase dengan harga CBR 50.84% mempunyai koefisien kekuatan relatif (a_3) = 0.120.
- Batu pecah untuk bahan base dengan harga CBR 83.73% mempunyai koefisien kekuatan relatif (a_2) = 0.132.
- Laston yang menggunakan batu kapur Madura untuk bahan surface dengan nilai Marshall 1110 kg mempunyai

koefisien kekuatan relatif (a_1) = 0.485.

- Laston yang menggunakan batu hitam Pandaan untuk bahan surface dengan nilai Marshall 1925 kg mempunyai koefisien kekuatan relatif (a_1) = 0.686.

5.3.3. TEBAL PERKERASAN

Untuk masing-masing bahan surface yang berbeda dapat ditentukan besarnya tebal masing-masing lapis perkerasannya sebagai berikut :

- 5.3.3.1. Dengan menggunakan agregat batu kapur Madura untuk bahan lapis permukaannya dan jenis tanah dasar lempung berpasir.

- a. Tebal perkerasan diatas Subgrade

CBR Subgrade = 8.66% , diperoleh besarnya DDT = 5.8

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

diperoleh ITP Subgrade = 12.4

Jadi : $12.4 = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$

- b. Tebal perkerasan diatas Subbase

CBR Subbase = 50.84% , diperoleh besarnya DDT = 9.1

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

diperoleh ITP Subbase = 7.8

Jadi : $7.8 = a_1D_1 + a_2D_2$

c. Tebal perkerasan diatas Base

CBR Base = 83.73% , diperoleh besarnya DDT = 10.0

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

diperoleh ITP Base = 6.9

Jadi : $6.9 = a_1 D_1$

Maka dengan memasukkan harga koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan pada persamaan-persamaan diatas dapat ditentukan :

$$6.9 = 0.485 D_1$$

$$D_1 = 14.23 \sim 15\text{cm} \text{ (tebal minimum = 7.5cm)}$$

$$7.8 = 0.485 * 15 + 0.132 * D_2$$

$$D_2 = 3.98 \text{ (tebal minimum = 20cm)}$$

$$\text{ditentukan } D_2 = 20\text{cm}$$

$$12.4 = 0.485 * 15 + 0.132 * 20 + 0.120 * D_3$$

$$D_3 = 20.71 \sim 21\text{cm} \text{ (tebal minimum = 10cm)}$$

5.3.3.2. Dengan menggunakan agregat batu kapur Madura untuk bahan lapis permukaannya dan jenis tanah dasar lempung/tanah merah.

a. Tebal perkerasan diatas Subgrade

CBR Subgrade = 2.90% , diperoleh besarnya DDT = 3.8

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)
diperoleh ITP Subgrade = 15.7

$$\text{Jadi : } 15.7 = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

b. Tebal perkerasan diatas Subbase

CBR Subbase = 50.84% , diperoleh besarnya DDT = 9.1

$$FR = 1.0 \quad , \quad IP_o \geq 4 \quad \text{dan} \quad IP_t = 2.5$$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)
diperoleh ITP Subbase = 7.8

$$\text{Jadi : } 7.8 = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

c. Tebal perkerasan diatas Base

CBR Base = 83.73% , diperoleh besarnya DDT = 10.0

$$FR = 1.0 \quad , \quad IP_o \geq 4 \quad \text{dan} \quad IP_t = 2.5$$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)
diperoleh ITP Base = 6.9

$$\text{Jadi : } 6.9 = a_1 D_1$$

Maka dengan memasukkan harga koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan pada persamaan-persamaan diatas dapat ditentukan :

$$6.9 = 0.485 D_1$$

$$D_1 = 14.23 \sim 15\text{cm} \quad (\text{tebal minimum} = 7.5\text{cm})$$

$$7.8 = 0.485 * 15 + 0.132 * D_2$$

$$D_2 = 3.98 \quad (\text{tebal minimum} = 20\text{cm})$$

$$\text{ditentukan } D_2 = 20\text{cm}$$

$$15.7 = 0.485 * 15 + 0.132 * 20 + 0.120 * D_3$$

$$D_3 = 48.2 \sim 49\text{cm} \text{ (tebal minimum = 10cm)}$$

5.3.3.3. Dengan menggunakan agregat batu hitam Pandaan untuk bahan lapis permukaannya dan jenis tanah dasar lempung berpasir.

a. Tebal perkerasan diatas Subgrade

CBR Subgrade = 8.66% , diperoleh besarnya DDT = 5.8

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

diperoleh ITP Subgrade = 12.4

$$\text{Jadi : } 12.4 = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

b. Tebal perkerasan diatas Subbase

CBR Subbase = 50.84% , diperoleh besarnya DDT = 9.1

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

diperoleh ITP Subbase = 7.8

$$\text{Jadi : } 7.8 = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

c. Tebal perkerasan diatas Base

CBR Base = 83.73% , diperoleh besarnya DDT = 10.0

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

diperoleh ITP Base = 6.9

$$\text{Jadi : } 6.9 = a_1 D_1$$

Maka dengan memasukkan harga koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan pada persamaan-persamaan diatas dapat ditentukan :

$$6.9 = 0.686D_1$$

$$D_1 = 10.06 \sim 11\text{cm} \text{ (tebal minimum = 7.5cm)}$$

$$7.8 = 0.686 * 11 + 0.132 * D_2$$

$$D_2 = 1.92 \text{ (tebal minimum = 20cm)}$$

$$\text{ditentukan } D_2 = 20\text{cm}$$

$$12.4 = 0.686 * 11 + 0.132 * 20 + 0.120 * D_3$$

$$D_3 = 18.45 \sim 19\text{cm} \text{ (tebal minimum = 10cm)}$$

5.3.3.4. Dengan menggunakan agregat batu hitam Pandaan untuk bahan lapis permukaannya dan jenis tanah dasar lempung/tanah merah.

a. Tebal perkerasan diatas Subgrade

$$\text{CBR Subgrade} = 2.90\% , \text{ diperoleh besarnya DDT} = 3.8$$

$$\text{FR} = 1.0 , \text{ IP}_o \geq 4 \text{ dan IP}_t = 2.5$$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

$$\text{diperoleh ITP Subgrade} = 15.7$$

$$\text{Jadi : } 15.7 = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

b. Tebal perkerasan diatas Subbase

$$\text{CBR Subbase} = 50.84\% , \text{ diperoleh besarnya DDT} = 9.1$$

$$\text{FR} = 1.0 , \text{ IP}_o \geq 4 \text{ dan IP}_t = 2.5$$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)
diperoleh ITP Subbase = 7.8

$$\text{Jadi : } 7.8 = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

c. Tebal perkerasan diatas Base

CBR Base = 83.73% , diperoleh besarnya DDT = 10.0

FR = 1.0 , $IP_o \geq 4$ dan $IP_t = 2.5$

Dengan menggunakan Nomogram 1 (lampiran a)

diperoleh ITP Base = 6.9

$$\text{Jadi : } 6.9 = a_1 D_1$$

Maka dengan memasukkan harga koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan pada persamaan-persamaan diatas dapat ditentukan :

$$6.9 = 0.686 D_1$$

$$D_1 = 10.06 \sim 11\text{cm (tebal minimum = 7.5cm)}$$

$$7.8 = 0.686 * 11 + 0.132 * D_2$$

$$D_2 = 1.92 \text{ (tebal minimum = 20cm)}$$

$$\text{ditentukan } D_2 = 20\text{cm}$$

$$15.7 = 0.686 * 11 + 0.132 * 20 + 0.120 * D_3$$

$$D_3 = 45.95 \sim 46\text{cm (tebal minimum = 10cm)}$$

Perbedaan hasil perhitungan tebal perkerasan untuk masing-masing bahan laston dan subgrade yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan

Jenis Agregat untuk Lapis Permukaan	Jenis Tanah Dasar	Lapisan Perkerasan	Tebal Lapisan (cm)
Batu Kapur Madura	Lempung berpasir	Surface	15
		Base	20
		Subbase	21
Batu Kapur Madura	Lempung/ Tanah merah	Surface	15
		Base	20
		Subbase	49
Batu Hitam Pandaan	Lempung berpasir	Surface	11
		Base	20
		Subbase	19
Batu Hitam Pandaan	Lempung/ Tanah merah	Surface	11
		Base	20
		Subbase	46

BAB VI

ANALISA BIAYA

6.1. ASUMSI PERHITUNGAN

Dalam analisa biaya pembuatan lapis konstruksi perkerasan lentur jalan ini diasumsikan:

- a. Perhitungan biaya dilakukan untuk tiap meter panjang jalan (per m') dengan lebar jalan rencana sebesar 2*3.75 m.
- b. Biaya hanya dihitung berdasarkan jumlah pemakaian bahan dalam pembuatan lapis perkerasan jalan tersebut.
- c. Biaya dihitung berdasarkan harga bahan di daerah Kabupaten Bangkalan Madura, sebagai lokasi studi.

6.2. PERHITUNGAN

Tahapan perhitungan dalam analisa biaya ini meliputi penentuan harga bahan, penentuan jumlah bahan yang digunakan dan biaya pembuatan tiap-tiap lapis perkerasan.

6.2.1. HARGA BAHAN

Harga dari masing-masing bahan lapis perkerasan ditentukan berdasarkan harga dari Cabang Dinas PU Cipta Karya Daerah Kab. Bangkalan dan Leveransir di

Bangkalan per bulan Agustus 1993 seperti ditunjukkan dalam Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Daftar Harga Bahan per bulan Agustus 1993

Jenis Bahan	Satuan	Harga (Rp)
Aspal	kg	700
Batu Kapur Madura		
- Agregat Kasar	m ³	21.000
- Agregat Halus	m ³	14.000
- Filler	zak	3.500
Batu Hitam Pandaan		
- Agregat Kasar	m ³	36.500
- Agregat Halus	m ³	30.000
- Filler	zak	6.500
Sirtu kelas B	m ³	11.000
Batu Pecah kelas B	m ³	31.000

6.2.2. KEBUTUHAN BAHAN

Besarnya kebutuhan bahan dalam pembuatan lapis konstruksi perkerasan jalan dinyatakan dalam satuan yang sesuai dengan satuan harga yang ada. Konversi satuan ditentukan berdasarkan hasil rata-rata dari pengujian yang dilakukan di Laboratorium serta dari asumsi berdasarkan keperluan perhitungan.

6.2.2.1. Dengan menggunakan Agregat Batu Kapur Madura untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung Berpasir.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

$$\begin{aligned}\text{Volume Laston yang dibutuhkan} &= 1 \times (2 \times 3.75) \times 0.15 \\ &= 1.125 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Berat Volume laston rata-rata} = 2.38 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi: berat laston yang dibutuhkan} \\ &= 2.38 \times 1.125 \\ &= 2.6775 \text{ ton.}\end{aligned}$$

Dari komposisi laston: 5.6% aspal dan 94.4% agregat (51% agregat kasar, 43% agregat halus dan 6% filler) dapat ditentukan berat masing-masing bahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{- Aspal} &= 5.6\% \times 2.6775 \\ &= 0.1499 \text{ ton.} \\ \text{- Agregat kasar} &= 94.4\% \times 51\% \times 2.6775 \\ &= 1.2891 \text{ ton.} \\ \text{- Agregat halus} &= 94.4\% \times 43\% \times 2.657 \\ &= 1.0669 \text{ ton.} \\ \text{- Filler} &= 94.4\% \times 6\% \times 2.6775 \\ &= 0.1516 \text{ ton.}\end{aligned}$$

Berat volume rata rata agregat ditentukan sebagai berikut :

- Agregat Kasar = 1.89 ton/m^3
- Agregat Halus = 2.58 ton/m^3
- Filler = 2.05 ton/m^3

Jadi: Volume (padat) agregat yang dibutuhkan

- Agregat kasar = $1.2891 : 1.89 = 0.682 \text{ m}^3$
- Agregat halus = $1.0869 : 2.58 = 0.421 \text{ m}^3$
- Filler = $0.1516 : 2.05 = 0.074 \text{ m}^3$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20% untuk agregat kasar dan 25% untuk agregat halus dan filler.

Jadi: Volume (lepas) agregat yang dibutuhkan

- Agregat kasar = $0.682 * 1.20 = 0.818 \text{ m}^3$
 - Agregat halus = $0.421 * 1.25 = 0.526 \text{ m}^3$
 - Filler = $0.074 * 1.25 = 0.093 \text{ m}^3$
- = 4.53 zak.

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

Volume (padat) batu pecah yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} &= 1 * (2 * 3.75) * 0.2 \\ &= 1.500 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sedangkan volume lepas (loose) dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20%.

$$\begin{aligned}\text{Jadi: Volume (lepas) batu pecah yang dibutuhkan} \\ &= 1.500 * 1.2 \\ &= 1.800 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

$$\begin{aligned}\text{Volume (padat) sirtu pecah yang dibutuhkan} \\ &= 1*(2*3.75)*0.21 \\ &= 1.575 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 25%.

$$\begin{aligned}\text{Jadi: Volume (lepas) sirtu yang dibutuhkan} \\ &= 1.575 * 1.25 \\ &= 1.969 \text{ m}^3\end{aligned}$$

6.2.2.2. Dengan menggunakan Agregat Batu Kapur Madura untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung /Tanah merah.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

$$\begin{aligned}\text{Volume Laston yang dibutuhkan} &= 1*(2*3.75)*0.15 \\ &= 1.125 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Berat Volume laston rata-rata} = 2.38 \text{ ton/m}^3$$

Jadi: berat laston yang dibutuhkan

$$= 2.38 * 1.125$$

$$= 2.6775 \text{ ton.}$$

Dari komposisi laston: 5.6% aspal dan 94.4% agregat (51% agregat kasar, 43% agregat halus dan 6% filler) dapat ditentukan berat masing-masing bahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{- Aspal} &= 5.6\% * 2.6775 \\ &= 0.1499 \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Agregat kasar} &= 94.4\% * 51\% * 2.6775 \\ &= 1.2891 \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Agregat halus} &= 94.4\% * 43\% * 2.6775 \\ &= 1.0869 \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Filler} &= 94.4\% * 6\% * 2.6775 \\ &= 0.1516 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Berat volume rata rata agregat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{- Agregat Kasar} = 1.89 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{- Agregat Halus} = 2.58 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{- Filler} = 2.05 \text{ ton/m}^3$$

Jadi: Volume (padat) agregat yang dibutuhkan

$$\text{- Agregat kasar} = 1.2891 : 1.89 = 0.682 \text{ m}^3$$

$$\text{- Agregat halus} = 1.0869 : 2.58 = 0.526 \text{ m}^3$$

$$\text{- Filler} = 0.1516 : 2.05 = 0.074 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20% untuk agregat kasar dan 25% untuk agregat halus dan filler.

Jadi: Volume (lepas) agregat yang dibutuhkan

$$\text{- Agregat kasar} = 0.682 * 1.20 = 0.818 \text{ m}^3$$

$$\text{- Agregat halus} = 0.421 * 1.25 = 0.526 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{- Filler} &= 0.074 * 1.25 = 0.093 \text{ m}^3 \\ &= 4.53 \text{ zak.} \end{aligned}$$

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

Volume (padat) batu pecah yang dibutuhkan

$$= 1 * (2 * 3.75) * 0.2$$

$$= 1.500 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas (loose) dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20%.

Jadi: Volume (lepas) batu pecah yang dibutuhkan

$$= 1.500 * 1.2$$

$$= 1.800 \text{ m}^3$$

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

Volume (padat) sirtu pecah yang dibutuhkan

$$= 1 * (2 * 3.75) * 0.49$$

$$= 3.675 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 25%.

$$\begin{aligned}\text{Jadi: Volume (lepas) sirtu yang dibutuhkan} \\ &= 3.675 * 1.25 \\ &= 4.594 \text{ m}^3\end{aligned}$$

6.2.2.3. Dengan menggunakan Agregat Batu Hitam Pandaan untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung Berpasir.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

$$\begin{aligned}\text{Volume Laston yang dibutuhkan} &= 1*(2*3.75)*0.11 \\ &= 0.825 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Berat Volume laston rata-rata} = 2.395 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi: berat laston yang dibutuhkan} \\ &= 0.825 * 2.395 \\ &= 1.978 \text{ ton.}\end{aligned}$$

Dari komposisi laston: 5.6% aspal dan 94.4% agregat (51% agregat kasar, 43% agregat halus dan 6% filler) dapat ditentukan berat masing-masing bahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{- Aspal} &= 5.6\% * 1.978 \\ &= 0.1107 \text{ ton.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- Agregat kasar} &= 94.4\% * 51\% * 1.978 \\ &= 0.9513 \text{ ton.}\end{aligned}$$

- Agregat halus = $94.4\% * 43\% * 1.976$
= 0.8021 ton.
- Filler = $94.4\% * 6\% * 1.976$
= 0.1119 ton.

Berat volume rata rata agregat ditentukan sebagai berikut :

- Agregat Kasar = 1.90 ton/m^3
- Agregat Halus = 2.59 ton/m^3
- Filler = 2.10 ton/m^3

Jadi: Volume (padat) agregat yang dibutuhkan

- Agregat kasar = $0.9513 : 1.90 = 0.500 \text{ m}^3$
- Agregat halus = $0.8021 : 2.59 = 0.310 \text{ m}^3$
- Filler = $0.1119 : 2.10 = 0.053 \text{ m}^3$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20% untuk agregat kasar dan 25% untuk agregat halus dan filler.

Jadi: Volume (lepas) agregat yang dibutuhkan

- Agregat kasar = $0.500 * 1.20 = 0.600 \text{ m}^3$
- Agregat halus = $0.310 * 1.25 = 0.388 \text{ m}^3$
- Filler = $0.053 * 1.25 = 0.066 \text{ m}^3$
= 3.29 zak.

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

Volume (padat) batu pecah yang dibutuhkan

$$= 1 * (2 * 3.75) * 0.2$$

$$= 1.500 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas (loose) dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20%.

Jadi: Volume (lepas) batu pecah yang dibutuhkan

$$= 1.500 * 1.2$$

$$= 1.800 \text{ m}^3$$

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

Volume (padat) sirtu pecah yang dibutuhkan

$$= 1 * (2 * 3.75) * 0.19$$

$$= 1.425 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 25%.

Jadi: Volume (lepas) sirtu yang dibutuhkan

$$= 1.425 * 1.25$$

$$= 1.781 \text{ m}^3$$

6.2.2.4. Dengan menggunakan Agregat Batu Hitam Pandaan untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung/Tanah merah.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

$$\begin{aligned}\text{Volume Laston yang dibutuhkan} &= 1 \times (2 \times 3.75) \times 0.11 \\ &= 0.825 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Berat Volume laston rata-rata} = 2.395 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi: berat laston yang dibutuhkan} \\ &= 0.825 \times 2.395 \\ &= 1.976 \text{ ton.}\end{aligned}$$

Dari komposisi laston: 5.6% aspal dan 94.4% agregat (51% agregat kasar, 43% agregat halus dan 6% filler) dapat ditentukan berat masing-masing bahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}- \text{ Aspal} &= 5.6\% \times 1.976 \\ &= 0.1107 \text{ ton.} \\ - \text{ Agregat kasar} &= 94.4\% \times 51\% \times 1.976 \\ &= 0.9513 \text{ ton.} \\ - \text{ Agregat halus} &= 94.4\% \times 43\% \times 1.976 \\ &= 0.8021 \text{ ton.} \\ - \text{ Filler} &= 94.4\% \times 6\% \times 1.976 \\ &= 0.1119 \text{ ton.}\end{aligned}$$

Berat volume rata rata agregat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}- \text{ Agregat Kasar} &= 1.80 \text{ ton/m}^3 \\ - \text{ Agregat Halus} &= 2.58 \text{ ton/m}^3 \\ - \text{ Filler} &= 2.10 \text{ ton/m}^3\end{aligned}$$

Jadi: Volume (padat) agregat yang dibutuhkan

$$\text{- Agregat kasar} = 0.9513 : 1.90 = 0.500 \text{ m}^3$$

$$\text{- Agregat halus} = 0.6021 : 2.59 = 0.310 \text{ m}^3$$

$$\text{- Filler} = 0.1119 : 2.10 = 0.053 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20% untuk agregat kasar dan 25% untuk agregat halus dan filler.

Jadi: Volume (lepas) agregat yang dibutuhkan

$$\text{- Agregat kasar} = 0.500 * 1.20 = 0.600 \text{ m}^3$$

$$\text{- Agregat halus} = 0.310 * 1.25 = 0.388 \text{ m}^3$$

$$\text{- Filler} = 0.053 * 1.25 = 0.066 \text{ m}^3$$

$$= 3.29 \text{ zak.}$$

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

Volume (padat) batu pecah yang dibutuhkan

$$= 1 * (2 * 3.75) * 0.2$$

$$= 1.500 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas (loose) dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 20%.

Jadi: Volume (lepas) batu pecah yang dibutuhkan

$$= 1.500 * 1.2$$

$$= 1.800 \text{ m}^3$$

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

Volume (padat) sirtu pecah yang dibutuhkan

$$= 1 * (2 * 3.75) * 0.46$$

$$= 3.450 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume lepas dihitung dengan mengasumsikan faktor pengembangan sebesar 25%.

Jadi: Volume (lepas) sirtu yang dibutuhkan

$$= 3.450 * 1.25$$

$$= 4.313 \text{ m}^3$$

6.2.3. BIAYA PEMBUATAN

Besarnya biaya pembuatan lapis perkerasan atas dasar jumlah bahan yang digunakan dapat ditentukan sebagai berikut :

6.2.3.1. Dengan menggunakan Agregat Batu Kapur Madura untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung Berpasir.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

$$\text{- Aspal} = 149.9 \text{ kg} * \text{Rp.700}$$

$$= \text{Rp.104.930}$$

$$\text{- Agregat kasar} = 0.818 \text{ m}^3 * \text{Rp.21.000}$$

$$= \text{Rp.17.178}$$

$$\text{- Agregat halus} = 0.526 \text{ m}^3 * \text{Rp.14.000}$$

$$= \text{Rp.7.364}$$

- Filler = 4.53 zak * Rp.3500

= Rp.15.855

Jumlah = Rp. 145.327

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

- Batu pecah = 1.800 m³ * Rp.31.000

= Rp.55.800

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

- Sirtu = 1.869 m³ * Rp. 11.000

= Rp.21.659

Jadi : Total biaya = Rp.222.786

6.2.3.2. Dengan menggunakan Agregat Batu Kapur Madura untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung /Tanah merah.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

- Aspal = 149.9 kg * Rp.700

= Rp.104.930

- Agregat kasar = 0.818 m³ * Rp.21.000

= Rp.17.178

- Agregat halus = 0.526 m³ * Rp.14.000

= Rp.7.364

- Filler = 4.53 zak * Rp.3.500

= Rp.15.855

Jumlah = Rp.145.327

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

$$\begin{aligned} - \text{Batu pecah} &= 1.800 \text{ m}^3 * \text{Rp.}31.000 \\ &= \text{Rp.}55.800 \end{aligned}$$

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

$$\begin{aligned} - \text{Sirtu} &= 4.594 \text{ m}^3 * \text{Rp.} 11.000 \\ &= \text{Rp.}50.534 \end{aligned}$$

Jadi : Total biaya = Rp.251.881

6.2.3.3. Dengan menggunakan Agregat Batu Hitam Pandaan untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung Berpasir.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

$$\begin{aligned} - \text{Aspal} &= 110.7 \text{ kg} * \text{Rp.}700 \\ &= \text{Rp.}77.490 \\ - \text{Agregat kasar} &= 0.600 \text{ m}^3 * \text{Rp.}36500 \\ &= \text{Rp.}21.900 \\ - \text{Agregat halus} &= 0.388 \text{ m}^3 * \text{Rp.}30.000 \\ &= \text{Rp.}11.640 \\ - \text{Filler} &= 3.29 \text{ zak} * \text{Rp.}6500 \\ &= \text{Rp.}21.385 \end{aligned}$$

Jumlah = Rp.132.415

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

$$\begin{aligned} - \text{Batu pecah} &= 1.800 \text{ m}^3 * \text{Rp.}31.000 \\ &= \text{Rp.}55.800 \end{aligned}$$

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

- Sirtu = $1.781 \text{ m}^3 * \text{Rp.}11.000$
 = Rp.18.898

Jadi : Total biaya = Rp.207.113

6.2.3.4. Dengan menggunakan Agregat Batu Hitam Pandaan untuk lapis permukaannya dan jenis tanah dasar Lempung/Tanah merah.

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

- Aspal = $110.7 \text{ kg} * \text{Rp.}700$
 = Rp.77.490
- Agregat kasar = $0.600 \text{ m}^3 * \text{Rp.}36.500$
 = Rp.21.900
- Agregat halus = $0.388 \text{ m}^3 * \text{Rp.}30.000$
 = Rp.11.640
- Filler = $3.29 \text{ zak} * \text{Rp.}6500$
 = Rp.21.385

Jumlah = Rp.132.415

b. Lapis Pondasi Atas (Base Course)

- Batu pecah = $1.800 \text{ m}^3 * \text{Rp.}31.000$
 = Rp.55.800

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

$$\begin{aligned}
 - \text{Sirtu} &= 4.319 \text{ m}^3 * \text{Rp.11.000} \\
 &= \text{Rp.47.443}
 \end{aligned}$$

Jadi : Total biaya = Rp.235.658

Selengkapnya hasil perhitungan biaya pembuatan lapis perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Analisa Biaya

Jenis Tanah Dasar	Jenis Agregat Lapis Permukaan	Total Biaya (Rp)
Lempung berpasir	Batu Kapur Madura	222.786
	Batu Hitam Pandaan	207.113
Lempung/ Tanah merah	Batu Kapur Madura	251.661
	Batu Hitam Pandaan	235.658

Dari Tabel 6.2 dapat dilihat bahwa baik untuk jenis tanah dasar lempung berpasir maupun jenis tanah dasar lempung/tanah merah penggunaan batu kapur Madura sebagai bahan lapis permukaan ternyata membutuhkan biaya yang lebih besar dari pada penggunaan batu hitam Pandaan.

Mahalnya harga material dari Pandaan di Madura ternyata tidak begitu berpengaruh terhadap perbedaan biaya pembuatan lapis perkerasan tersebut. Perbedaan biaya tersebut justru dipengaruhi oleh perbedaan jumlah kebutuhan aspal yang relatif besar. Dimana harga aspal yang cukup tinggi akan memperbesar perbedaan biaya tersebut.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, perencanaan tebal perkerasan dan analisa biaya yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Secara teknis batu kapur dari Madura dapat digunakan sebagai agregat didalam campuran aspal beton sebagai lapis permukaan konstruksi perkerasan lentur jalan untuk kondisi lalu lintas berat.
2. Waktu perendaman ternyata cukup berpengaruh terutama terhadap stabilitas dan flow campuran. Dari variasi perendaman yang dilakukan yaitu 1, 2, 3 dan 7 hari dapat diketahui bahwa semakin lama perendaman dilakukan akan semakin menaikkan nilai flow campuran dan sebaliknya akan semakin menurunkan stabilitas campuran. Namun jika ditinjau dari range kadar aspal yang memenuhi seluruh syarat campuran, ternyata variasi perendaman yang dilakukan tidak begitu besar pengaruhnya terhadap range kadar aspal yang dihasilkan.
3. Perkerasan jalan untuk kondisi lalu lintas berat yang menggunakan batu kapur Madura untuk lapis

permukaannya mempunyai tebal yang lebih besar dari pada yang menggunakan batu hitam dari Pandaan baik untuk tanah dasar lempung berpasir maupun tanah dasar lempung/tanah merah.

4. Berdasarkan jumlah pemakaian bahan ternyata batu kapur Madura sebagai bahan lapis permukaan perkerasan jalan untuk kondisi lalu lintas berat lebih mahal jika dibandingkan dengan penggunaan batu hitam Pandaan untuk lapis permukaannya. Jadi secara ekonomis batu kapur Madura tidak dapat digunakan sebagai bahan lapis permukaan baik untuk jenis tanah dasar lempung berpasir maupun tanah lempung. Hal ini disebabkan besarnya jumlah aspal yang dibutuhkan untuk membuat lapis permukaan tersebut.

7.2. SARAN

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kemungkinan peningkatan stabilitas campuran yang menggunakan agregat batu kapur Madura, seperti penambahan chemorete atau bahan kimia lainnya dalam campuran. Karena dengan meningkatnya stabilitas campuran akan memperkecil tebal lapis permukaan

sehingga biaya pembuatan lapis permukaan tersebut dapat diperkecil.

2. Sebagai kelanjutan dari studi ini perlu dilakukan analisa biaya yang juga didasarkan pada biaya pelaksanaan pembuatan lapis perkerasan tersebut. Karena semakin besar tebal suatu perkerasan jalan akan semakin besar pula biaya pelaksanaan pembangunannya.
3. Dalam perencanaan tebal perkerasan sebaiknya dilakukan variasi jenis bahan yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah dari masing-masing lapis permukaan tersebut. Variasi ini dapat dengan menggunakan bahan asli maupun bahan yang telah distabilisasi.
4. Perlu dilakukan studi lanjutan mengenai kemungkinan pencampuran batu kapur Madura dengan batu hitam Pandaan untuk bahan perkerasan jalan, dengan harapan agar didapat biaya pembuatan lapis perkerasan yang paling ekonomis.
5. Perlu dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan metode yang lain seperti : AASHTO 86, Road Note, NAASRA dan lain-lain untuk mengetahui perbedaan tebal perkerasan yang dibutuhkan.

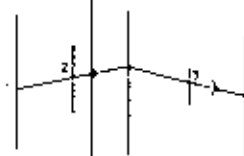
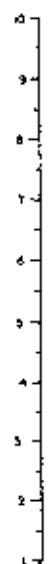
DAFTAR PUSTAKA

1. Mochtar, Indrasurya, B.(1992), *Diktat Kuliah Jalan Raya II* ; Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
2. Sukirman,Silvana (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya* ; Penerbit Nova, Bandung.
3. Direktorat Jenderal Bina Marga (1983), *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No. 13/PT/BM/1983* ; Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.
4. Direktorat Jenderal Bina Marga (1976), *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan (MPBJ) No. 01/PD/BM/1976* ; Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
5. Direktorat Jenderal Bina Marga (1987), *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26.1987 UDC:625.73(02)* ; Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
6. Wahyuningsih, Nurul (1993), *Studi Penggunaan Batu Kapur Tuban Sebagai Agregat Aspal Beton* ; Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
7. Asphalt Institute (1983), *Asphalt Technologie Construction Practice* ; Educational Series No.1.
8. AASHTO, *Standard Specification for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing* ; Part II, 13th edition, July 1982.

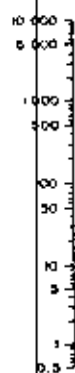
9. Djanasudirdja, . Suroso. (1984), Pengantar Mekanika Batuan ; Bandung.
10. Das, M. Braja, *Principles of Geotechnical Engineering* ; The University of Texas at El Paso, PWS Engineering Boston, 1985.

LAMPIRAN. A
NOMOGRAM-NOMOGRAM
UNTUK PENENTUAN NILAI ITP

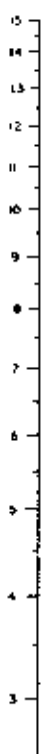
DOT



LER



ITP



Nomogram. 1

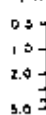
$$G = \log \left(\frac{IP_0 - IP_1}{4.2 - 1.5} \right) = 3 \log - \log P$$

$$P = 8.16$$

$$IP_1 = 2.5$$

$$IP_0 = 4$$

FR

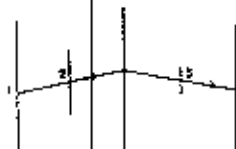
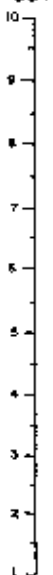


ITP

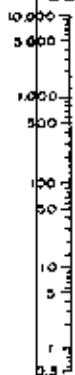
Nomogram untuk $IP_1 = 2.5$ dan $IP_0 = 4$ (15)

Nomogram. 2

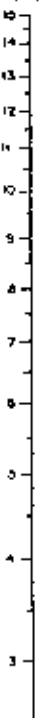
DOT



LER



ITP



$$G = \log \left(\frac{IP_0 - IP_1}{3.9 - 3.5} \right) = 3 \log - \log P$$

$$P = 8.16$$

$$IP_1 = 2.5$$

$$IP_0 = 3.9 - 3.5$$

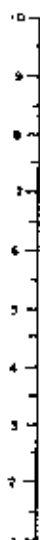
FR



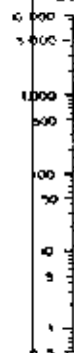
ITP

Nomogram untuk $IP_1 = 2.5$ dan $IP_0 = 3.9 - 3.5$ (15)

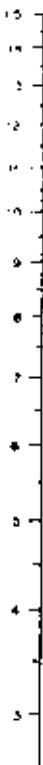
DDT



LER



ITP

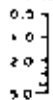


Nomegram 3

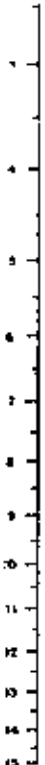
$$G = 100 \left(\frac{IP_0 - IP_1}{4.2 - 1.5} \right)^{1.5} \sqrt{P} \log P \dots \log P^2$$

$P = 8.16$
 $IP_1 = 2$
 $IP_0 = 2.4$

FR



ITP



Nomegram untuk $IP_1 = 2.0$ dan $IP_0 = 4$ (15)

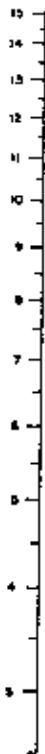
DDT



LER



ITP

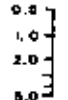


Nomegram 4

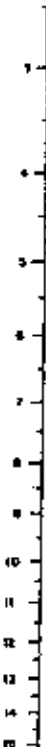
$$G = 100 \left(\frac{IP_0 - IP_1}{4.2 - 1.5} \right)^{1.5} \sqrt{P} \log P \dots \log P^2$$

$P = 8.16$
 $IP_1 = 2$
 $IP_0 = 3.9 - 3.5$

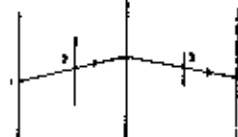
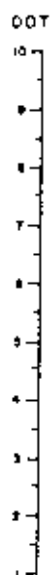
FR



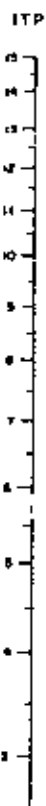
ITP



Nomegram untuk $IP_1 = 2.0$ dan $IP_0 = 3.9 - 3.5$ (15)



LER



nomogram 5

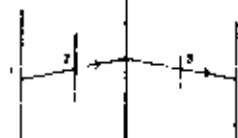
$$G = \log \left(\frac{P_1 - P_2}{4.2 - 1.5} \right) \cdot \sqrt{3} \cdot \log v - \log P_1$$

$P = 8, 16, 1$
 $IP_1 = 1, 5$
 $IP_2 = 3, 9 - 3, 5$

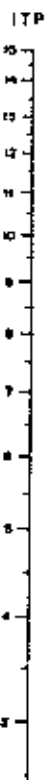
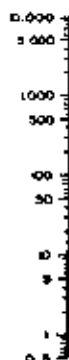
FR



Nomogram avec $IP_1 = 1,5$ des $IP_2 = 3,9 - 3,5$ (15)



LER

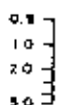


Nomogram 6

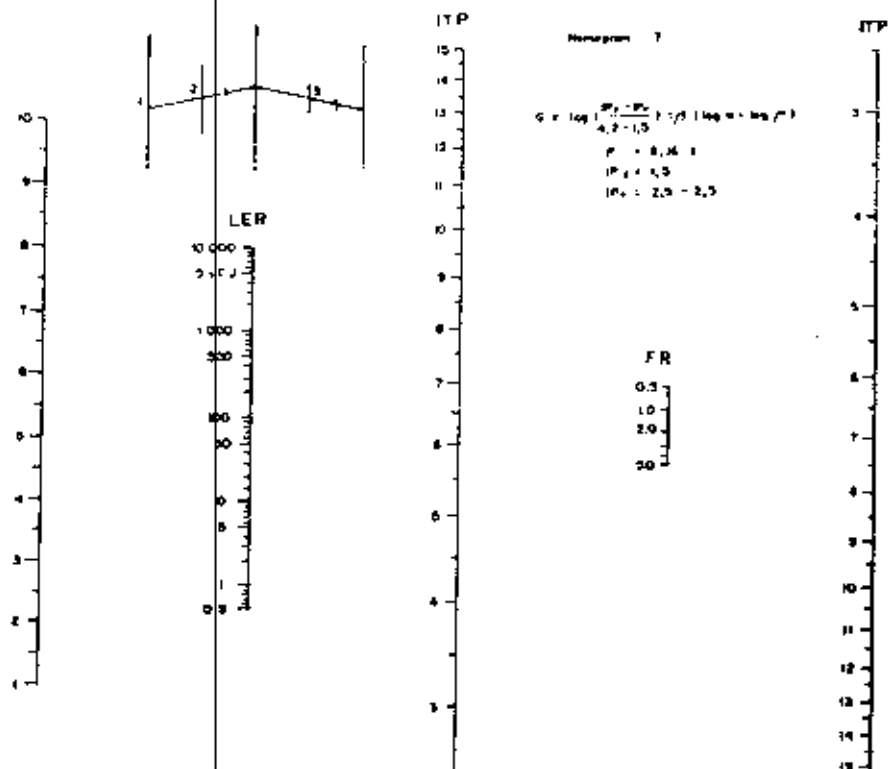
$$G = \log \left(\frac{P_1 - P_2}{4.2 - 1.5} \right) \cdot \sqrt{3} \cdot \log v - \log P_1$$

$P = 8, 16, 1$
 $IP_1 = 1, 5$
 $IP_2 = 3, 4 - 3, 0$

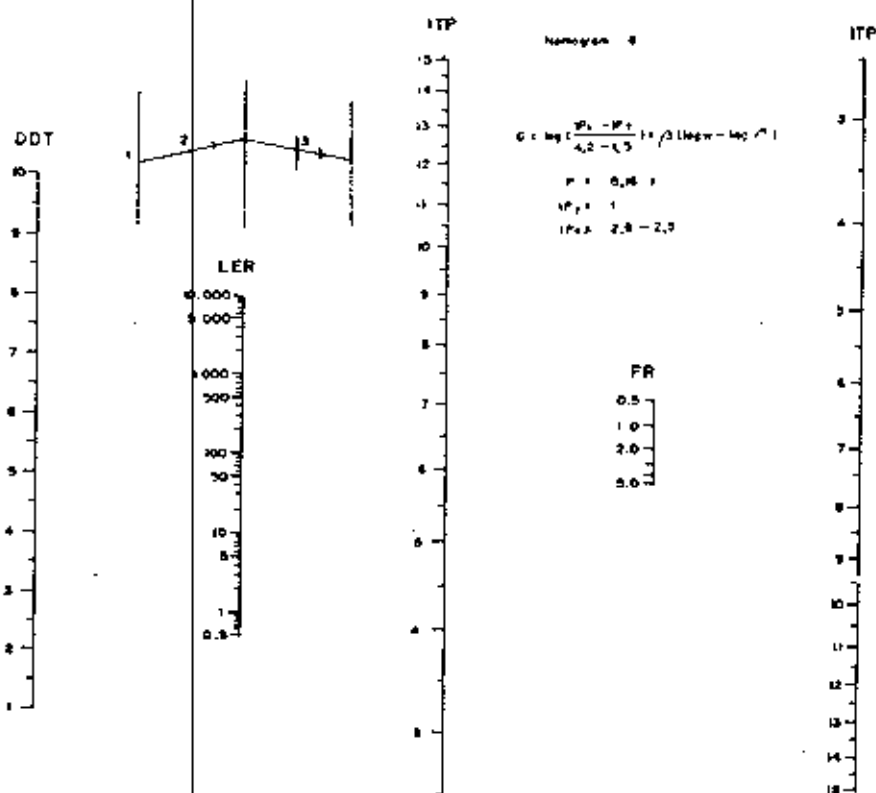
FR



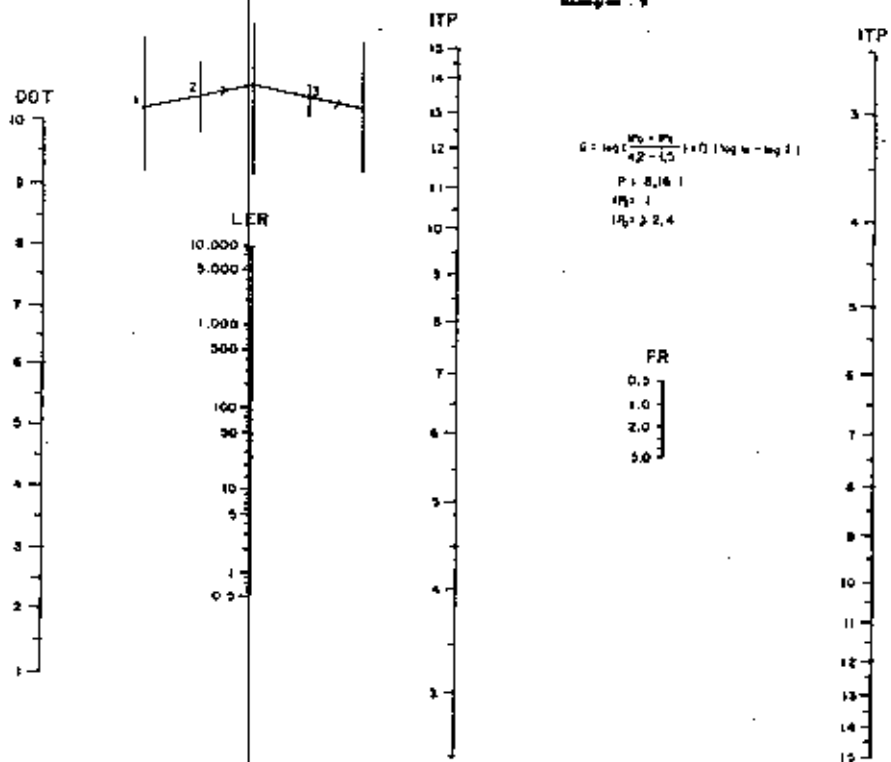
Nomogram avec $IP_1 = 1,5$ des $IP_2 = 3,4 - 3,0$ (15)



Nomogram untuk $IP_1 = 1.5$ dan $IP_0 = 2.9 - 2.5$ (15)



Nomogram untuk $IP_1 = 1.0$ dan $IP_0 = 2.9 - 2.5$ (15)



Nomogram untuk $IF_1 = 1.0$ dan $IF_2 = 2.4$ (15)

LAMPIRAN. B
DATA HASIL PRAKTIKUM



LABORATORIUM PERHUBUNGAN DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SURABAYA, TELP. 5960094, 597284 SURABAYA 60111

LOS ANGELES ABRASION TEST

Contoh : AGREGAT - A
Proyek : TUGAS AKHIR
Tempat :
Durasi : 1 minggu
Diperiksa : 1 minggu

GRADING OF TEST SAMPLE :

Sieve Size		Berat dalam gram (A)		Berat dalam gram (B)	
Panjang	Retained on	a Sebelum	b Setelah	a Sebelum	b Setelah
3 in	2 1/2 in				
2 1/2 in	2 in				
2 in	1 1/2 in				
1 1/2 in	1 in	1250			
1 in	3/4 in	1250			
3/4 in	1/2 in	1250			
1/2 in	3/8 in	1250			
3/8 in	1/4 in				
1/4 in	No. 4				
No. 4	No. 8				
	No. 12		3292		
Jumlah berat		5000	3292		

Banyaknya yang ada adalah :

A a = 5000 gram
b = 3292 gram
c = 1708 gram

$$\frac{c}{a} \times 100\% = \frac{1708}{5000} \times 100\% = 34,16\%$$

Banyaknya yang ada adalah :

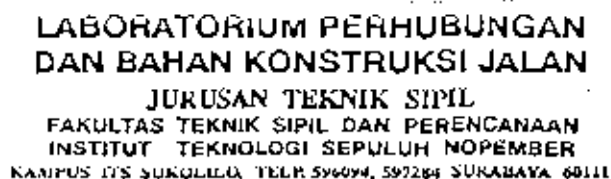
B. a = gram
b = gram
c = gram

$$\frac{c}{a} \times 100\% = \times 100\% = \%$$

Surabaya, tgl. 19

Dituj, -

()



Contoh	1	ASPEKAT - B
Proyek	2	TUGAS AKHIR
Tempat	3	
Ditulis	4	
Ditulis	5	

Sieve Size		Berat dalam gram (A)		Berat dalam gram (B)	
Passing	Retained on	a Sebelum	b Setelah	a Sebelum	b Setelah
3 in	2 1/2 in				
2 1/2 in	2 in				
2 in	1 1/2 in				
1 1/2 in	1 in	1150			
1 in	3/4 in	1250			
3/4 in	3/8 in	1250			
3/8 in	3/16 in	1250			
3/16 in	1/8 in				
1/8 in	No. 4				
No. 4	No. 8				
	No. 12		3665		
Jumlah berat		5000	3665		

A a = 5000 g/m
b = 3665 g/m
c = 1335 g/m

B. a ori ter
b ori ter
c ori ter

$$\frac{L}{L_0} \approx 100\% \approx \frac{L_0}{L_0} \approx 100\%$$

Saratovskiy, [Mikro- i makromolekululyarnaya]

اسی طرح

[illegible]



LABORATORIUM PERHUBUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOLO SURABAYA

INDEKS KEPIPIHAN

Tjontoh : AGREGAT - A
 Projek : TUGAS AKHIR
 Tempat : _____
 Diterima tanggal : _____
 Diperiksa tanggal : _____

TEST SAMPLE : _____

Sieve Size		Berat dalam gram (A)		Berat dalam gram (B)	
Passing	Retained on	a Sebelum	b Setelah	a Sebelum	b Setelah
3 in	$2\frac{1}{2}$ in				
$2\frac{1}{2}$ in	2 in				
2 in	$1\frac{1}{2}$ in				
$1\frac{1}{2}$ in	1 in				
1 in	$\frac{3}{4}$ in				
$\frac{3}{4}$ in	$\frac{1}{2}$ in				
$\frac{1}{2}$ in	$\frac{3}{8}$ in	250	224		
$\frac{1}{4}$ in	$\frac{1}{4}$ in	250	211		
$\frac{1}{4}$ in	No. 4				
No. 4	No. 8				
	No. 12				
Jumlah berat		500	435		

Indeks kepipihan

A. a = 500 gram
 b = 435 gram
 c = 65 gram

B. a = _____ gram
 b = _____ gram
 c = _____ gram

$$\frac{c}{a} \times 100\% = \frac{65}{500} \times 100\% = 13\%$$

$$\frac{c}{a} \times 100\% = \frac{\quad}{\quad} \times 100\% = \quad\%$$

Mengelalui,

Surabaya, tgl. _____ 19____

(_____)



LABORATORIUM PEREUBUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA

INDEKS KEPIPIHAN

Tipe: AGREGAT - B
Proyek: TUGAS AKHIR
Tempat: _____
Diterima tanggal: _____
Diperiksa tanggal: _____

TEST SAMPLE:

Sieve Size		Berat dalam gram (A)		Berat dalam gram (B)	
Passing	Retained on	a Sebelum	b Setelah	a Sebelum	b Setelah
3 in	2 1/2 in				
2 1/2 in	2 in				
2 in	1 1/2 in				
1 1/2 in	1 in				
1 in	3/4 in				
3/4 in	1/2 in				
1/2 in	3/8 in	250	217		
3/8 in	1/4 in	250	231		
1/4 in	No. 4				
No. 4	No. 8				
	No. 12				
Jumlah berat		500	448		

Indeks kepipihan

A. a = 500 gram
b = 448 gram
c = 52 gram

$$\frac{c}{a} \times 100\% = \frac{52}{500} \times 100\% = 10,4\%$$

Mengetahui,

B. a = _____ gram
b = _____ gram
c = _____ gram

$$\frac{c}{b} \times 100\% = \frac{\quad}{\quad} \times 100\% = \quad\%$$

Surabaya, tgl. _____ 19__

(_____)



LABORATORIUM PERHUBUNGAN
DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SURABAYA, TELE. 596094, 597284 SURABAYA 60111

Nomer :
Order :
Proyek : TUGAS AKHIR
Contoh : AERREAT - A
Bahan uji : SODIUM-SULFAT

SOUNDNESS TEST
ASTM C 104

Saringan (mm)	Berat sebelum diuji (gr)	Berat setelah diuji (gr)	Kehilangan berat akibat di uji (%)
$\frac{3}{4}$ " - $\frac{1}{2}$ "	2000	1971	1,470
$\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{8}$ "	1700	1678	1,310
Jumlah :	3700	3649	1,397

Surabaya,

Di Uji,



LABORATORIUM PERHUBUNGAN
DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597284 SURABAYA 60111

Nomer :
Order :
Proyek : TUGAS AKHIR
Contoh : ASEGAT - B
Gairan ps : SODIUM SULFAT
nguji

SOUNDNESS TEST

AASHTO T-104

Saringan (mm)	Berat sebelum diuji (gr)	Berat setelah diuji (gr)	Kehilangan berat akibat di uji (%)
3/4" - 1/2"	2000	1979	1,060
1/2" - 3/8"	1700	1684	0,950
Jumlah :	3700	3665	0,946

Surabaya,

Di Uji,



LABORATORIUM PERHUBUNGAN DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

DIVISI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SUKOWILLO, TELP. 596004, 597284 SURABAYA 60111

Pemeriksaan

BERAT JENIS AGREGAT KASAR

(AASHTO T-85)

(PB - 0202 - 76)

No. Laporan :
Order :
Proyek : TUGAS AKHIR
Contoh : AGREGAT A
Quarry : BURNIH - BANEGKALAN
Tgl. Dikerjakan :

DATA PENGUDIAN		PERCOBAAN		
		I	II	DATA-2
Berat benda uji kering oven (Bk)		5000		
Berat benda uji kering permukaan Jenuh (Bj)		5071		
Berat benda uji didalam air (Ba)		3118		
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,560		
Berat Jenis Kering permukaan Jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,596		
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,657		
Penyerapan :	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,42 %		

Surabaya,

01 Ujl,



LABORATORIUM PERHUBUNGAN DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597284 SURABAYA 60111

Pemeriksaan

BERAT JENIS AGREGAT KASAR

(AASHTO T-85)

(PB - 0202 - 76)

No. Laporan :
Order :
Proyek : TUGAS AKHIR
Contoh : AGREGAT - P
Quarry : PANDAN - PASURUAN
Tgl. Dikerjakan :

DATA PENGUJIAN		PERCOBAAN		
		I	II	RATF-2
Berat benda uji kering oven (Bk)		5000		-
Berat benda uji kering permukaan Jenuh (Bj)		5069		-
Berat benda uji didalam air (Ba)		3164		-
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,625		-
Berat Jenis Kering permukaan Jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,660		-
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,723		-
Penyerapan :	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,38 %		-

Surabaya,

01 Uji,



**LABORATORIUM PERHUBUNGAN
DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)**

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597284 SURABAYA 60111

Laporan no : AGREGAT - A
dipesan oleh :
Code aspal/ter : Pen 60/70
Diterima :
Dikerjakan :
Proyek : Tugas Akhir

**PEMERIKSAAN
KELEKATAN ASPAL TERHADAP AGREGATE
(PA-0312-78)**

PENGUJIAN LABORATORIUM :

DATA UJI :

- 100 gr agregat lolos saringan 3/8" tertahan 1/2"
- 5,5 gr aspal
- 400 ml air suling
- waktu perendaman = 16 jam
- suhu perendaman = 25° C

K E L E K A T A N : Kelekatan agregat terhadap aspal = 96%

KETERANGAN:

Surabaya,

Mengawasi,

diperiksa,



**LABORATORIUM PERHUBUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS**

H. Arief Rachman Hakim Telp. 40652 - 40653 - 40654 Surabaya.

Laporan no : AGREGAT - B
Dipesan oleh :
Code aspal : FCN 60/70
Diterima :
Dikerjakan :
Proyek : Tugas Akhir

**PEMERIKSAAN
KELEKATAN ASPAL TERHADAP AGREGATE
(PA-0312-78)
(AASHTO-T182)**

PENGUJIAN LABORATORIUM :

DATA UJI :

- 100 gram Agregate
- 5.5 gram Aspal
- 400 ml Aquosous
- 25 °Celsius
- 16 Jam

HASIL UJI : Lima permukaan agregate yang terselimuti aspal
(Kelekatan) = 98 %

KETERANGAN :

Surabaya,

di Uji,



**LABORATORIUM PERHUBUNGAN
DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)**

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597284 SURABAYA 60111

**Pemeriksaan
SAND EQUIVALENT
AASHTO - T176**

Nomer Laporan :
Order :
Proyek : **TUGAS AKHIR**
Contoh : **AGREGAT A**

TITIK	NOMER PENGUCILAN	PEMBACAAN SKALA LUMPUR	PEMBACAAN SKALA PASIR	SAND EQUIVALENT RATA-2 (%)
	1.	7,20	15,9 - b = 5,9	81,94 %

Surabaya,
01 Juli,



LABORATORIUM PERHUBUNGAN
DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597284 SURABAYA 60111

Pemeriksaan
SAND EQUIVALENT
AASHTO - T176

Nomer Laporan :
Order :
Proyek : TUGAS AKHIR
Contoh : AGREGAT - B

TITIK	NOMER PENGUJIAN	PEMBACAAN SKALA LUMPUR	PEMBACAAN SKALA PASIR	SAND EQUI - VALENT RATA-2 (%)
	1.	7,7	$16,7 - 10 = 6,7$	93,4

Surabaya,
01 Juli,



LABORATORIUM PERHUBUNGAN DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597284 SURABAYA 60111

Pemeriksaan BERAT JENIS AGREGATE HALUS

(AASHTO T-84)
(PB - 0203 - 76)

No. Laporan :
Order :
Proyek : TUGAS AKHIR
Contoh : AGREGAT - A
Quarry : BURNEN - BANGKALAN
Tgl Dikerjakan :

DATA PENGUJIAN	PERCOBAAN		
	I	II	RATF-2
Berat Jenis (Bulk Specific Gravity) $\frac{B + 500 - B_t}{500} =$	2,52		
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry) $\frac{B + 500 - B_t}{500} =$	2,59		
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity) $\frac{B_k}{B + B_k - B_t} =$	2,716		
Penyerapan : $\frac{500 - B_k}{B_k} \times 100\% =$	2,93%		
Bk = Berat benda uji kering oven (gram) = 437,2 B = Berat Pichometer berisi air (gram) = 629,1 Bt = Berat Pichometer berisi benda uji dan air (gram) = 905,3 500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)			

Surabaya,
01 Juli,



LABORATORIUM PERHUBUNGAN DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597284 SURABAYA 60111

Pemeriksaan

BERAT JENIS AGREGAT HALUS

(AASHTO T-84)

(PB - 0203 - 76)

No. Laporan :
Order :
Proyek : TUGAS- AKHIR
Contoh : AGREGAT- B
Quarry : PANDAN PASURUAN
Tgl Dikerjakan :

DATA PENGUJIAN		PERCOBAAN		
		I	II	RATA-2
Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)	BK			
$(B + 500 - Bt)$		2,54	-	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry)	500			
$(B + 500 - Bt)$		2,60	-	-
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	Bk			
$(B + Bk - Bt)$		2,72	-	-
Penyerapan : $\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$		2,67 %	-	-

Bk = Berat benda uji kering oven (gram) = 487
B = Berat Pycnometer berisi air (gram) = 624
Bt = Berat Pycnometer berisi benda uji dan air (gram) = 932
500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Surabaya,

Di Uji,



LABORATORIUM PERHUBUNGAN
DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(FATEKS - ITS)

KAMPUS ITS SUKOLILO, TELP. 596094, 597294 SURABAYA 60111

Laporan no :
Diperson oleh :
Guru Aspek :
Diterima tgl :
Dikerjakan :
Proyek : TUGAS AKHIR

Pemeriksaan
BERAT JENIS ASPAL KERAS
(PA-0307-76)

Berat Picnometer + Air	=	55,4	gr
Berat Picnometer Kosong	=	31,5	gr
Berat Air/Isi Picnometer	=	23,9	gr
Berat Picnometer + Contoh	=	35,2	gr
Berat Picnometer	=	31,5	gr
Berat Contoh	=	3,52	gr
Berat Picnometer + Air + Contoh	=	55,7	gr
Berat Picnometer + Contoh	=	35,2	gr
Berat Air	=	20,5	gr
Isi contoh	=	3,4	cc
BERAT JENIS	=	1,088	gr/cc

Keterangan :

Surabaya,

01 Juli,

LABORATORIUM PERHUBUNGAN
 JUR. TEKNIK SIPIL FTSP-IIS

Pemeriksaan
P E N E T R A S I
 (...SEBELUM KEHI...)
 (...ANJAM...PELAT.)

Prt.No. :
 Contoh dari :
 Jenis bahan :
 Terima tanggal :
 Dikerjakan tanggal :
 Selesai tanggal :

	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembac.suhu Oven
Pembukaan	Mulai jam :	.....	Temp :°C
contoh	Selesai jam :	.....
Mendinginkan	Dibiarkan pada		
contoh	suhu ruang		
	Mulai jam :	.....
	Selesai jam :	.....
Mencapai su	Direndam pd 25°C		Pembac.Waterbath
hu pemerik*	Mulai jam :	.....	Temp :°C
saan	Selesai jam :	.....
Pemeriksaan	Penetrasi pd 25°C		Pembac. suhu
	Mulai jam :	.....	penetrometer
	Selesai jam :	.....	Temp :°C

Hasil Percobaan :

Penetrasi pada :		I	II	III	IV	V	VI
25°C, 50.gr., 5. detik							
Pengamatan	1	64	65	.....	.....	.....	.....
	2	65	63	.....	.....	.....	.....
	3	64	66	.....	.....	.....	.....
	4	67	64	.....	.....	.....	.....
	5	65	66	.....	.....	.....	.....
	6	66	65	.....	.....	.....	.....

Penetrasi rata-rata: $(65,2 + 64,5) / 2 = 64,85$

Kesimpulan :

Pemeriksaan :

Diaetujui:

1.

2.

(.....)

LABORATORIUM PERHUBUNGAN
JUR. TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

Prt.no :
Contoh dari :
Jenis contoh :
Terima tgl :
Bekerjakan tgl :
Selesai tgl :

Pemeriksaan
TITIK LEMBOK

Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu Oven
	Mulai jam :		Temp : 110 °C
	Selesai jam :		
Mendinginkan contoh	Didinginkan pd. suhu ruang		
	Mulai jam :		
	Selesai jam :		
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pd. suhu 5 °C		Pembacaan suhu lemari es
	Mulai jam :		Temp : 5 °C
	Selesai jam :		
Pemeriksaan	Titik lembek	10-50	
	Mulai jam :		
	Selesai jam :		

No	Suhu yang diamati		Waktu (detik)		Titik lembek °C	
	°C	°F	I	II	I	II
1	5	41	10-50	10-50		
2	10	50	10-51	10-51		
3	15	59	10-52	10-52		
4	20	68	10-53	10-53		
5	25	77	10-54	10-54		
6	30	86,6	10-55	10-55		
7	35	95	10-56	10-56		
8	40	104	10-57	10-57		
9	45	113	10-58	10-58		
10	50	122	10-59	10-59	52	52
11	55	131				

Titik lembek rata-rata = 52 °C.

Hasilnya :

Diperiksa

Ditentukan :

1.
2.

(.....)

LABORATORIUM PENYUJUAN
JUR. TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Pemeriksaan
TITIK NYALA
(.....)
(.....)

Pembukaan cetakan	Cetakan dipanaskan Mulai jam :	Pemeriksaan Waktu	Pembacaan suhu Oven Temp :
	Selesai jam :		
Pemasangan penguji titik nyala/ bakar	Pemasangan cetakan Mulai jam :		Suhu ruang: 140°C
	Selesai jam :		
Pemasukan suhu ke dalam cetakan	Suhu 250°C di bawah titik nyala Mulai jam :	Detik : Detik :	5°C/menit
	Selesai jam :		
	Antara 50°C s/d 200°C di bawah ti- tik nyala		5°C s/d 6°C /menit
	Mulai jam :		Titik nyala perki man :°C
	Selesai jam :		

PENGAMATAN

°C di bawah Titik nyala		Waktu	°C	Titik Nyala Bakar
50		09.15	255 °C	.....
51		09.16	261 "	.....
40		09.17	267 "	.....
41		09.18	273 "	.....
36		09.19	279 "	.....
31		09.20	285 "	.....
26		09.21	291 "	.....
21		09.22	297 "	.....
16		09.23	303 "	.....
11		09.24	309 "	.....
6		09.25	315 "	Titik Nyala = 321 °C
1		09.26	321 "	Titik Bakar = 339 °C

Amatir :

Pemeriksa :

Amatir :

1.

(.....)

2.

LABORATORIUM PERHUBUNGAN
JUR. TEKNIK SIPIL FTS-ITS

Prt.no :
Contoh dari : Lab. PHB
Jenis contoh : Aspal Pen G.
Terima tgl :
Dikerjakan tgl :
Selesai tgl :

Pemeriksaan
D A K T I L I T A S
(.....)

	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu Oven
Pembukaan Contoh	Mulai jam : Selesai jam :	..... .....	Temp :
Mendinginkan Contoh	<u>Dididihkan</u> pada suhu ruang mulai jam : Selesai jam :	..... .....
Mencapai suhu pemeriksaan	<u>Digelam</u> pada suhu 25°C Mula jam : Selesai jam :	..... .....	Pembac. suhu- waterbath Temp: 25°C
Pemeriksaan	Daktilitas pd 25°C Mula jam : Selesai jam :	..... .....	Pembacaan su- hu alat Temp : 25°C

Daktilitas pada ^o	Pembacaan pengukur pada alat	Keterangan
Pengamatan I	138 cm	
II	135 cm	
Daktilitas rata-rata	136,5 cm	

Diperiksa,
1.
2.

Diestujui,
(.....)

LABORATORIUM PERHUBUNGAN
JUR. TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

Pemeriksaan

P E N E T R A S I

(..SELESAI KEH..)
(..PENGAL..GAL..)

Prt.No. :
Contoh dari :
Jenis bahan :
Terima tanggal :
Dikerjakan tanggal :
Selesai tanggal :

	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembac. suhu Oven
Pembukaan	Mulai jam :	.....	Temp :
contoh	Selesai jam :	.....
Mendinginkan	Dibiarkan pada		
contoh	suhu ruang		
	Mulai jam :	.....
	Selesai jam :	.....
Mencapai su	Direndam pd 25°C		Pembac. Waterbath
hu pemerike	Mulai jam :	.....	Temp : ..25°C...
aan	Selesai jam :	.....
Pemeriksaan	Penetrasi pd 25°C		Pembac. suhu
	Mulai jam :	.....	penetrometer
	Selesai jam :	.....	Temp : ..25°C...

Hasil Percobaan :

Penetrasi pada : 25°C, 50 gr, 5 detik	I	II	III	IV	V	VI
Pengamatan	1 55	57	.....	.....	.....	.....
	2 54	55	.....	.....	.....	.....
	3 57	55	.....	.....	.....	.....
	4 53	54	.....	.....	.....	.....
	5 56	54	.....	.....	.....	.....
	6 54	59	.....	.....	.....	.....

Penetrasi rata-rata: $\frac{55,5 + 55,6}{2} = 55,55$
Resulitan :

Pemeriksaan :

Disetujui:

1.

2.

(.....)



LABORATORIUM PERHUBUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA

TRIAL MIX SERIES : A₁₁
HOT MIX TANGGAL :
LOKASI :
TEST TANGGAL :

DATA DESIGN HOT MIX DENGAN CARA MARSHALL

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
A	4,17	4,0	1196,4	1208,9	699	509,9	2,347	2,525	9,726	82,136	9,138	17,964	54,444	7,33	244	1776,3	806,4	2,1
B	4,71	4,5	1198,3	1208,2	703	505,2	2,372	2,506	11,058	88,453	5,489	16,547	59,83	6,32	275	2002,0	945,3	2,9
C	5,26	5,0	1197,5	1203,6	706	497,6	2,409	2,488	12,479	86,202	2,319	14,798	67,32	4,21	303	2205,8	1041,5	2,7

a	582	5,5	1194,7	1197,7	700	497,7	2,465	2,470	13,704	85,309	0,787	14,491	78,57	3,64	347	2526,2	1192,8	3,9
b	638	6,0	1198,5	1199,4	700	499,4	2,401	2,452	13,905	84,026	2,069	15,974	80,05	3,05	318	2315,0	1093,1	4,2
c																		

ASTERANGAN :

a = % Binder/100 parts of aggregate.
b = % Binder by Weight of mix.
c = Weight in air : grams.
d = Weight in sad condition : grams.
e = Weight in water : grams.
f = Volume d - c : cc.
g = Density bulk $\frac{W}{V}$: gr/cc.
h = Density max theoretical
i = Vol.% total binder
j = Vol.% total aggregate
k = Vol.% total voids $100 - i - j$
l = Voids % aggregate $100 - j$
m = Voids % filled with binder $i/l \times 100$
n = Voids total mix $100 - 100/h \cdot g$
o = Stability / proving ring.
p = Stability after corrected proving ring:lbs.
q = Stability after corrected with volume :
r = F l a u

Mengetahui :

Kepala Laboratorium

(100 - b) g / 60 agregat

Dibuat oleh :



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOLO SURABAYA

Matrik No. :
 NIM :
 Nama :
 Kelas :
 Test Tanggal :

DATA DESIGN HOT MIX CONCRETE DATA MATERIAL

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	4,17	4,0	1194,6	1205,7	686	519,7	2,301	2,525	8,880	82,240	9,880	17,760	50,00	8,87	228	169,8	723,0	2,0
2	4,71	4,5	1191,9	1203,3	686	515,3	2,313	2,506	10,047	92,238	7,715	17,762	61,56	7,69	257	187,09	844,9	2,1
3	5,26	5,0	1186,7	1193,1	690	503,1	2,365	2,488	11,366	83,293	6,341	16,707	71,03	5,33	274	199,17	909,7	2,6
4	5,82	5,5	1199,4	1209,9	699	504,9	2,377	2,470	12,619	89,699	9,752	16,371	76,08	9,76	338	240,6	1114,7	3,7
5	6,38	6,0	1192,8	1201,7	698	503,7	2,368	2,452	13,714	92,371	9,419	17,129	80,06	9,41	297	216,1	979,5	4,1
6																		
7																		
8																		

REMARKS :

- a = 2 Standard ratio of aggregates
- b = 3 Standard by weight of fly.
- c = 1000 in air 1 gram.
- d = 1000 in air 1 gram.
- e = 1000 in air 1 gram.
- f = 1000 in air 1 gram.
- g = 1000 in air 1 gram.
- h = 1000 in air 1 gram.
- i = 1000 in air 1 gram.
- j = 1000 in air 1 gram.
- k = 1000 in air 1 gram.
- l = 1000 in air 1 gram.
- m = 1000 in air 1 gram.
- n = 1000 in air 1 gram.
- o = 1000 in air 1 gram.
- p = 1000 in air 1 gram.
- q = 1000 in air 1 gram.
- r = 1000 in air 1 gram.

h = Density mix theoretical

$$h = \frac{a + b + c + d + e + f + g + h + i + j + k + l + m + n + o + p + q + r}{100}$$

Vol. % total voids 100 - 1 - 2
 1 = Vol. % aggregate 100 - 1
 2 = Vol. % filled with binder 1/1 x 100
 3 = Vol. % total mix 100 - 100/h, g/l
 4 = Stability / Proving slip.
 5 = Stability after corrected proving slip.
 6 = Stability after corrected with volume :
 7 = F 1 0 W
 8 = Output slip :

LABORATORIUM PERHUBUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA

TREK MIX SERIES : A1.2
HOT MIX PANGGAL :
LOKASI :
TEST PANGGAL :

DATA DESIGN HOT MIX DENGAN CARA MARSHALL

	3	4	5	6	7	8	9	h	l	j	k	l	m	n	o	p	q	r
a	417	410	1193,3	1204,3	685	519,3	2,295	2,505	8,861	82,025	9,114	17,975	49,29	9,11	256	1863,7	88,8	1,9
b	471	415	1197,0	1206,3	689	517,3	2,314	2,506	10,051	82,274	7,675	17,726	59,70	7,67	261	1900,11	827,7	2,4
c	5,26	5,0	1187,9	1196,0	699	497,0	2,308	2,488	11,525	84,140	4,015	15,540	69,16	4,01	317	2307,8	1045,5	2,9
d																		
e																		

a	5,82	5,5	1192,8	1199,7	697	500,7	2,372	2,470	12,593	86,800	0,507	13,100	77,13	3,98	362	2635,14	1193,9	3,6
b	6,58	6,0	1184,7	1187,7	688	499,7	2,370	2,452	13,726	85,810	0,464	14,190	82,73	3,33	203	2205,8	999,3	4,0

KETERANGAN :

- a = M binder/100 parts of aggregate.
- b = M binder by weight of mix.
- c = Weight in air : grams.
- d = Weight in SSD condition : grams.
- e = Weight in water : grams.
- f = Volume d = e / cc.
- g = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.
- h = Aggregate =
- i = Binder

h = Density max theoretical $\frac{W}{V}$

$$\frac{100}{\frac{100}{G_s} + \frac{a}{G_b} + \frac{b}{G_{sb}}}$$

i = Vol % total binder $\frac{a}{b+a}$

j = Vol % total aggregate $\frac{b}{b+a}$

k = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

l = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

m = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

n = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

o = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

p = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

q = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

r = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

s = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

t = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

u = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

v = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

w = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

x = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

y = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

z = Density bulk $\frac{W}{V}$: gm/cc.

k = Vol % total voids $100 - i - j$

l = Vol % aggregate $100 - j$

m = Vol % filled with binder $100 - i - j$

n = Vol % total mix $100 - 100/h \cdot g$

o = Stability / proving ring.

p = Stability after corrected proving ring: lbs.

q = Stability after corrected with volume :

r = $\frac{p}{V}$: lbs

s = $\frac{p}{V}$: lbs

t = $\frac{p}{V}$: lbs

u = $\frac{p}{V}$: lbs

v = $\frac{p}{V}$: lbs

w = $\frac{p}{V}$: lbs

x = $\frac{p}{V}$: lbs

y = $\frac{p}{V}$: lbs

z = $\frac{p}{V}$: lbs

Olusat oleh :

LABORATORIUM PERHUBUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOWILLO SURABAYA



TRIAL MIX SERIES : **A2.1**
HOT MIX JANGGAL :
LEBAR :
TEST JANGGAL :

DATA DESIGN HOT MIX DENGAN CARA MARSHALL

J	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	417	410	1195,4	1209,1	698	511,1	2,339	2,525	9,031	83,538	7,371	16,402	56,96	7,35	252	1834,6	7991	270
2	417	415	1185,5	1196,4	693	503,4	2,394	2,506	10,225	83,696	6,079	16,304	62,71	6,07	264	1921,9	8709	19
3	526	510	1182,8	1189,9	687	502,9	2,352	2,488	11,351	82,187	5,462	16,813	73,51	3,89	258	1878,2	8509	218

1	582	515	1197,2	1202,5	707	495,5	2,417	2,470	12,832	85,026	2,132	14,964	80,75	2,15	321	2236,9	10587	313
2	678	610	1197,8	1199,9	710	498,9	2,403	2,452	13,917	84,036	1,857	15,904	83,51	1,97	307	2234,9	1012,5	3,9

REKAPITULASI :

a = g binder/100 parts of aggregate.
b = g binder by weight of mix.
c = weight in air : grams.
d = weight in air condition : grams.
e = weight in water : grams.
f = volume d - c : cc.
g = density bulk $\frac{c}{f}$: g/cc.
h = aggregate =
i = binder =

h = Density max theoretical
 $\frac{h}{100} = \frac{a}{100} + \frac{b}{100}$
i = Vol % total binder
 $\frac{100 - a}{100} = \frac{b}{100}$
j = Vol % total aggregate
 $\frac{100 - b}{100} = \frac{a}{100}$

k = Vol % total voids $100 - i - j$
l = voids % aggregate $100 - j$
m = voids % filled with binder $i/1 \times 100$
n = voids total mix $100 - 100/h, a$
o = Stability / proving ring.
p = Stability after corrected proving ring:100.
q = Stability after corrected with volume :
r = F I O u

Output dish :

$\frac{(100 - a) \times b}{100}$



LABORATORIUM PERHUBUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOLO SURABAYA

TRIAL MIX SERIES : A3.1
HOT MIX TANGGAL :
LOKASI :
TEST TANGGAL :

DATA DESIGN HOT MIX DENGAN CARA MARSHALL

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	4,17	4,0	1192,7	1205,7	691	514,7	2,318	2,525	8,949	84,676	6,375	15,324	56,39	8,21	236	1718,1	748,4	2,6
2	4,71	4,5	1190,6	1201,7	695	506,7	2,351	2,506	10,212	85,424	4,384	14,566	63,11	6,17	253	1841,8	834,4	2,2
3	5,26	5,0	1187,7	1205,9	698	507,9	2,374	2,488	11,458	85,418	2,724	14,182	70,79	5,55	261	1900,1	860,8	2,8
4																		
5																		

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	5,82	5,5	1183,7	1189,0	694	498,0	2,377	2,470	12,619	85,474	1,907	14,526	74,67	3,76	305	2220,4	1005,9	3,4
2	6,28	6,0	1193,8	1196,7	693	503,7	2,371	2,452	13,732	84,807	1,461	15,128	81,38	3,28	291	2118,5	959,7	4,3
3																		
4																		

KETERANGAN :

a = % Binder/100 parts of aggregate.
b = % Binder by Weight of mix.
c = Weight in air : grams.
d = Weight in asd condition : grams.
e = Weight in water : grams.
f = Volume d - e : cc.
g = Density Bulk $\frac{c}{f}$: g/cc.
h = Density Bulk $\frac{d}{f}$: g/cc.
i = Density Bulk $\frac{e}{f}$: g/cc.
j = Density Bulk $\frac{d}{f}$: g/cc.
k = Density Bulk $\frac{e}{f}$: g/cc.
l = Density Bulk $\frac{d}{f}$: g/cc.
m = Density Bulk $\frac{e}{f}$: g/cc.
n = Density Bulk $\frac{d}{f}$: g/cc.
o = Density Bulk $\frac{e}{f}$: g/cc.
p = Density Bulk $\frac{d}{f}$: g/cc.
q = Density Bulk $\frac{e}{f}$: g/cc.
r = Density Bulk $\frac{d}{f}$: g/cc.

h = Density max theoretical

$$h = \frac{\frac{100}{\% \text{agg.}} + \frac{100}{\% \text{bind.}}}{\frac{Gs_{agg}}{Gs_{bind}} + \frac{100}{Gs_{bind}}}$$

i = Vol % total binder

$$i = \frac{b \times g}{100 - b}$$

j = Vol % total aggregate

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{100 - b}$$

k = Vol % total voids $100 - i - j$

l = Voids % aggregate $100 - j$

m = Voids % filled with binder $100 - i \times 100$

n = Voids total mix $100 - 100/h, g.$

o = Stability / proving ring.

p = Stability after corrected proving ring: lbs.

q = Stability after corrected with volume :

r = F l o u

Dibuat oleh :



LABORATORIUM PERKULIAHAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SUKOLO SURABAYA

TRIAL MIX SERIES : **A-7.1**

HOT MIX YANGGAL :

LOKASI :

TEST YANGGAL :

DATA DESIGN HOT MIX DENGAN CARA MARSHALL

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	4,17	4,0	1196,0	1207,2	688	519,7	2,304	2,525	8886	84,247	9,757	17,653	50,739	8,76	209	1521,5	662,8	2,2
2	4,71	4,5	1184,4	1193,9	691	502,9	2,385	2,586	10,229	93,731	6,040	16,269	62,07	6,03	225	1638	742,1	2,9
3	5,16	5,0	1186,3	1192,8	696	497,8	2,353	2,488	11,801	84,283	4,216	15,717	73,18	4,22	248	1805,4	817,9	3,1

a	5,84	5,5	1193,8	1199,7	696	503,7	2,373	2,470	12,688	83,488	3,594	16,512	76,30	3,91	254	1921,9	870,7	4,0
b	6,38	6,0	1190,1	1195,5	690	503,5	2,364	2,452	13,691	92,771	3,578	17,269	79,28	3,57	231	1681,7	781,8	4,6

PERHITUNGAN :

- a = % binder/100 parts of aggregate.
- b = % binder by weight of mix.
- c = Weight in air : grams.
- d = Weight in 3rd condition : grams.
- e = Weight in water : grams.
- f = Volume d = e : cc.
- g = Density bulk ρ_f : gr/cc.
- h = Density bulk ρ_s : gr/cc.
- i = Volume aggregate = $\frac{c}{\rho_s}$
- j = Volume binder = $\frac{a}{\rho_f}$
- k = Volume total = i + j
- l = Volume total aggregate = $\frac{c}{\rho_s}$
- m = Volume total binder = $\frac{a}{\rho_f}$
- n = Volume total mix = l + m
- o = Stability after compacted with volume : proving ring.
- p = Stability after compacted with volume : proving ring.
- q = Stability after compacted with volume : proving ring.
- r = F 10 W

Mangetahui :
Ketua Laboratorium :
G. Agrest

Disusun oleh :



LABORATORIUM PERHUBUNGAN

JURISAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
(PATEKS-115)
KAMPUS ITS SUDARSO-SURABAYA, Telp. 65234

PERCOBAAN C.B.R.

Kedua sisi yang ditinjau adalah:

Dua sisi yang ditinjau adalah:

PROJEK : Jalan Kenjeran-Pl. Manduru
ONOKO No. : 019.0/PRD-AL/VI/191.
CONTOH No. : BUREAU COURTES KIRI A.
NAMA TANAH : BATU PASIR

STANDAR PROCTOR (KURVA) / mm
 $W_L = 14,05\%$
 $W_p = 2,71\%$

LEMBUT / SUDUT JENIH

Lelehing = 0,67 %

Tinggi	...	...	...
...
...
...

Pemeriksaan :

Pemeriksaan (mm)	Pemeriksaan (mm)		Beban (kg)	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah
0,015	28	31	224	218
0,03	74	98	592	784
0,05	165	188	1320	1504
0,075	249	259	1992	2072
0,10	314	312	2512	2446
0,15	409	400	3272	3200
0,20	461	457	3688	3656
0,30	490	486	3920	3888
0,40	499	499	3992	3992
0,50	511	503	4088	4024

Kedua sisi :

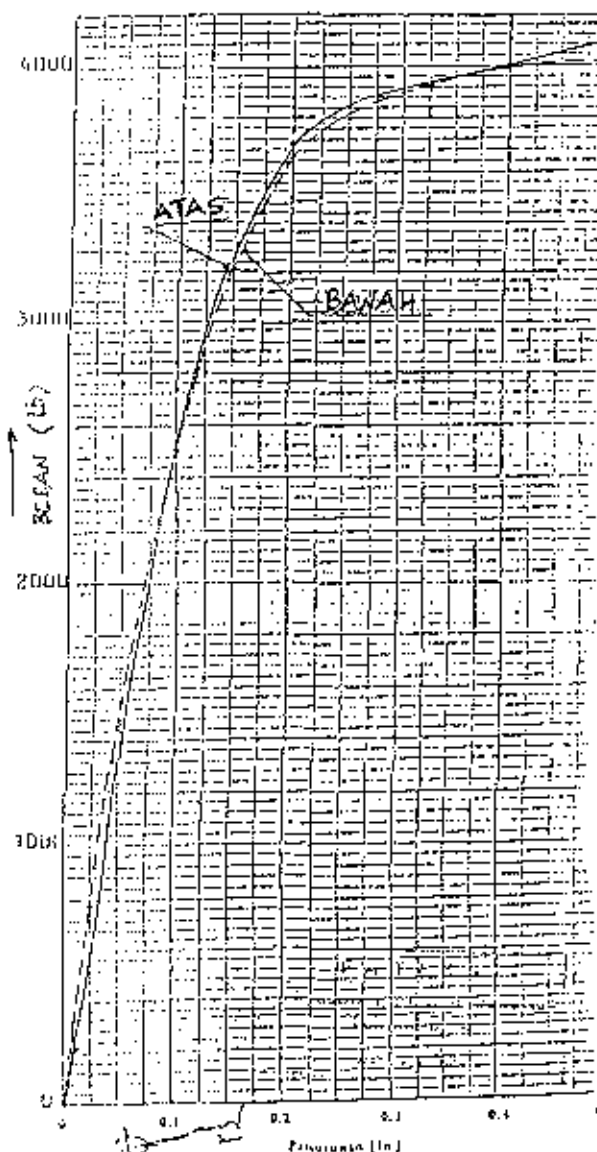
	Sedimen	Sedimen
Tinggi tanah + kerucut	114,80	118,21
Tinggi kerucut + kerucut	108,56	107,92
Kerucut (mm)	70,10	70,10
...	6,21	10,29
Tinggi kerucut	31,26	37,82
Kedua sisi (mm)	161,84	21,38

C.B.R. :

	Stress C.B.R. %	
	0,1"	0,3"
Atas	2512 83,73 %	3688 81,95 %
Bawah	2446 83,20 %	3656 81,24 %

Pemeriksaan :

Berat tanah & silinder	20,493
Berat silinder	15,726
Berat tanah basah	4767
Berat tanah kering	4169,4
Berat air kering	1,907





LABORATORIUM PERHUBUNGAN DAN BAHAN KONSTRUKSI JALAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
KAMPUS ITS SURABAYA, TEL: 596094, 597284 SURABAYA 60111

PERCOBAAN C.B.R.

Kapasitas yang dikehendaki:

Batas tahanan yang dikehendaki:

g/cm

KORSA : Jalan (Sub Base)
JADIDIA : 009/PHS-KL/III/192-Pf.Mutu
CONTOH MU : Titik 4 (empat)
JACAN TAJAH : 5 1 1 1 1
JAHQAND PROCTOR/MOD: AASHO/ASTM

CBR Lapangan
KURUP/IDAK RUMAH

Material:

Uraian			
Tulangan	—		
Isir	—		
Pemeliharaan	—		
Pemeliharaan	—		

Subsistem:

Pemeriksaan (m)	Pemeriksaan		Batas	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah
0.015	29		232	
0.035	44		352	
0.091	92		736	
0.215	131		1048	
0.418	183		1464	
0.71	237		1856	
0.91	289		2312	
0.11	336		2672	
0.49	367		2926	
11.10	379		3032	

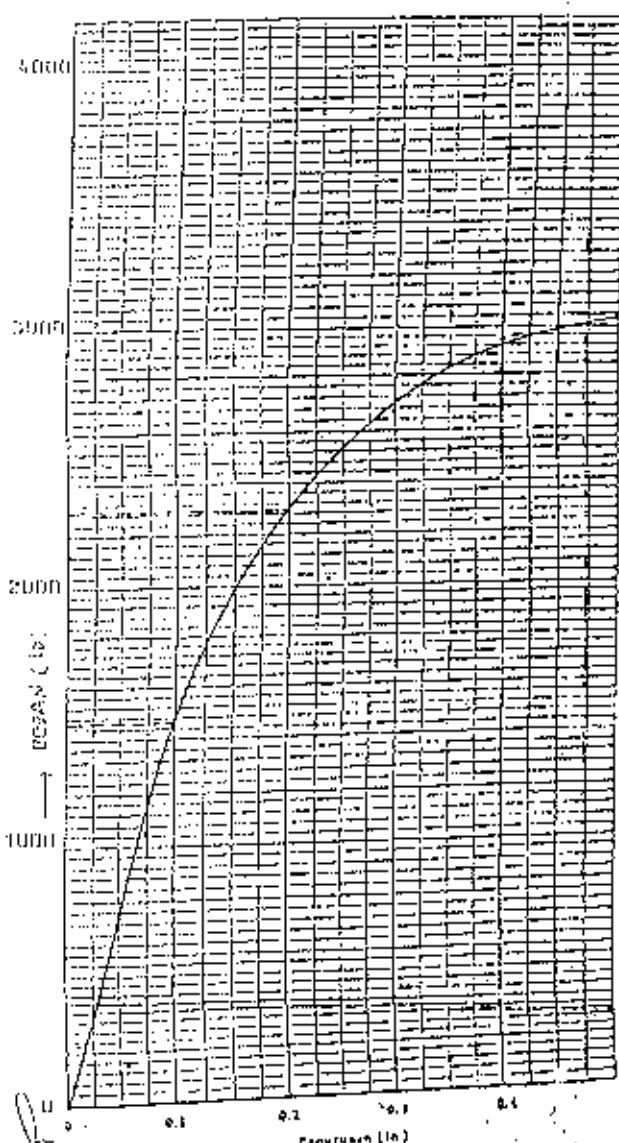
Kedudukan:

	Subsistem	Terdapat
Pemeliharaan	—	
Tahanan	—	
Kapasitas	—	
Atas	—	
Batas	—	
Kapasitas	—	
Kapasitas	—	

C.B.R.:

Menge C.B.R. 1%			
	0.1"	0.2"	
Atas	1525.2	2066.0	
	3000	3000	
	50.84 %	68.80 %	
Batas	—	—	
	3000	3000	

Pemeriksaan:





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
Jalan A. P. J. Sengul No. 1, Surabaya 60132

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (C.B.R.)

PROJEK :
LOKASI : KAMAL BANGKALAN

POINTE NO : LEMPUNG BERPASIR
DATE :

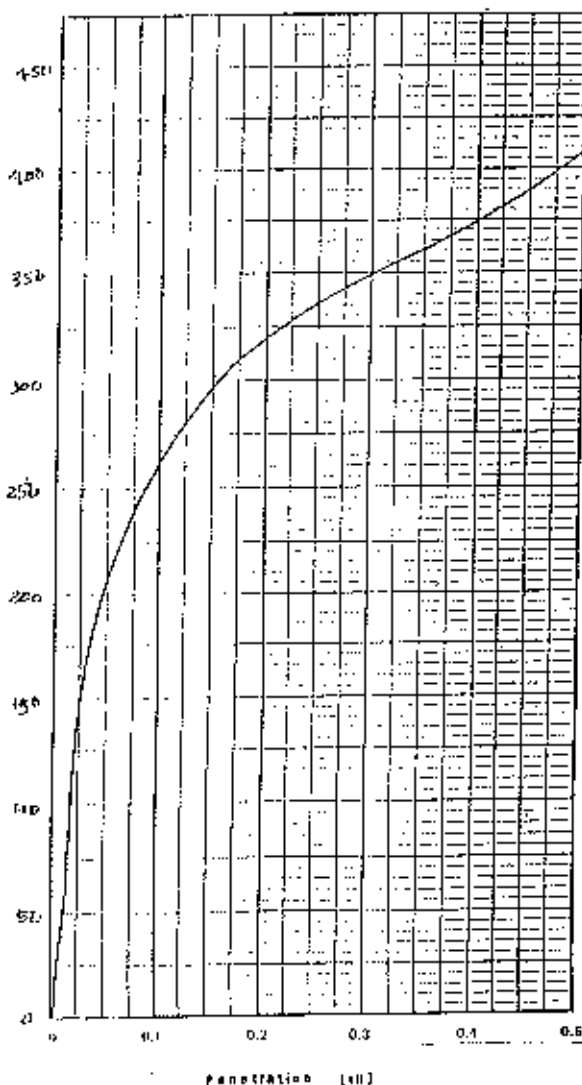
DESCRIPTION OF SOIL :

Soil Density (g/cm ³)	2.75
Submerged Density (g/cm ³)	1.92
Moisture Content (%)	89.60
Liquid Limit (%)	42.01
Plastic Limit (%)	4.759
Shrinkage (%)	435.02
Atterberg Consistency	55.9
Classification	SC4/MS
Flow	1.02

	Top		Bottom	
Penetration (mm)	Load (kg)	Load (kg)	Penetration (mm)	Load (kg)
18	39.6			
78	121.6			
106	237.2			
109	239.8			
118	241.8			
139	305.8			
158	347.6			
159	349.8			
170	374			
185	407			

	Before	After
Settlement (mm)	80.18	96.14
Settlement rate (mm)	74.12	84.98
Settlement (mm)	33.98	49.50
Settlement (mm)	6.06	11.16
Settlement (mm)	40.14	40.68
Settlement (%)	15.09	27.43

C.B.R.	
0.1"	$\frac{260}{3000} \times 100 = 8.66\%$
0.2"	$\frac{320}{4500} \times 100 = 7.11\%$
0.1"	$\frac{3000}{3000} \times 100 = 100\%$
0.2"	$\frac{4500}{4500} \times 100 = 100\%$





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST
(C.B.R.)

PROJECT :
LOCATION : KAMAL - BANGLALAN

FORM NO. : TANAH MERAH CLEMPUNG
DATE :

DESCRIPTION OF SOIL :

Pro. by density (g/cm ³)	1.527
Moisture content (%)	23.90
Wet weight (g)	11200
Wet volume (cm ³)	6710
Wet weight (g)	4440
Wet volume (cm ³)	3658.97
Wet weight (g)	1.378
Moisture content (%)	LOANED
Soil type	CL-1

Shell	Top		Bottom	
	Dial Reading	Load (lb)	Dial Reading	Load (lb)
1000	10	22		
1000	16	35.2		
1000	25	55		
1000	33	78.6		
1000	38	85.8		
1000	47	103.9		
1000	55	121		
1000	65	143		
1000	72	158.4		
1000	81	178.2		

	Before	After
Moisture content (%)	23.90	29.60
Moisture content (%)	23.90	29.60
Moisture content (%)	23.90	29.60
Moisture content (%)	23.90	29.60
Moisture content (%)	23.90	29.60
Moisture content (%)	23.90	29.60

C.B.R.	
0.1"	2.90 %
0.2"	2.71 %
0.3"	- %
0.4"	- %

